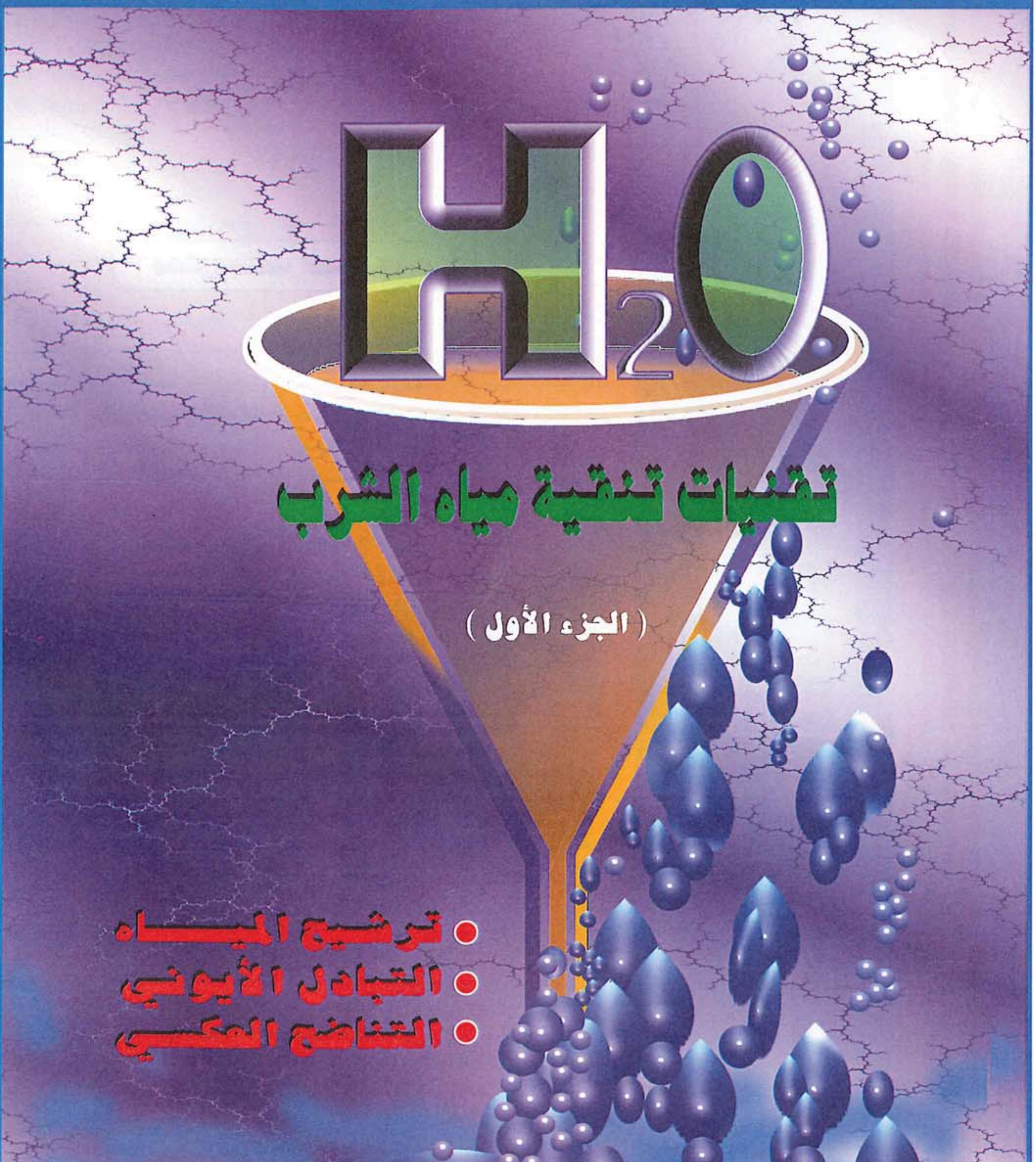
العلوم والتقنية

مجلة علمية فصلية تصدرها مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية ● السنة الحادية عشر ● العدد الثالث والأربعون ● رجب ١٤١٨هـ / نوفمبر ١٩٩٧م.



تقنيات تنقية مياه الشرب

(الجزء الأول)

- ترشيح المياه
- التبادل الأيوني
- التناضح العكسي

ISSN 1017 3056

منهـــاج النشـــر

أعزاءنا القراء :

يسرنا أن نؤكد على أن المجلة تـفتح أبوابها لمساهماتكم العلمـية واستقبـال مقالاتكم على أن تراعى الشروط التالية في أي مقال يرسل إلى المجلة :ـ

١ـ يكون المقال بلغة علمية سهلة بشرط أن لايفقد صفته العلمية بحيث يشتمل على مفاهيم علمية وتطبيقاتها .

٢ـ أن يكون ذا عنوان واضح ومشوق ويعطي مدلولاً على محتوى المقال .

٣ـ في حالة الاقتباس من أي مرجع سواء كان اقتبـاساً كلياً أو جزئياً أو أخذ فكرة يجب الإشارة إلى ذلك ، وتذكر المراجع لأي اقتباس في نهاية المقال .

٤ـ أن لايقل المقال عن أربع صفحات ولايزيد عن سبع صفحات طباعة .

٥ـ إذا كان المقال سبق أن نشر في مجلة أخرى أو أرسل إليها يجب ذكر ذلك مع ذكر اسم المجلة التي نشرته أو أرسل إليها .

٦ـ إرفاق أصل الرسومات والصور والنماذج والأشكال المتعلقة بالمقال .

٧ـ المقالات التي لاتقبل النشر لاتعاد لكاتبها .

يمنح صاحب المقال المنشور مكافأة مالية تتراوح مابين ٣٠٠ إلى ٥٠٠ ريال .

محتويـــات العـــدد

- مصلحة المياه والصرف الصحي بالرياض ٢
- عمليات تنقية المياه ـــــ ٥
- تهوية وتبريد المياه ـــــ ١١
- تيسير المياه بالترسيب الكيميائي ـــــ ١٤
- عالم في سطور ـــــ ١٩
- التبادل الأيوني ـــــ ٢٠
- الجديد في العلوم والتقنية ـــــ ٢٥
- تقنية التناضح العكسي ـــــ ٢٦
- ترشيح المياه ـــــ ٣٠
- كيف تعمل الأشياء ـــــ ٣٦
- مصطلحات علمية ـــــ ٣٨
- كتب صدرت حديثاً ـــــ ٣٩
- عرض كتاب ـــــ ٤٠
- من أجل فلذات أكبادنا ـــــ ٤٣
- مساحة للتفكير ـــــ ٤٤
- بحـــوث علميـــة ـــــ ٤٦
- شريط المعلومات ـــــ ٤٧
- مـــع القـــراء ـــــ ٤٨

عمليات تنقية المياه

تهوية وتبريد المياه

تقنية التناضح العكسي

المراســـلات

مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الإدارة العامة للتوعية العلمية والنشر

ص.ب ٦٠٨٦ ـ الرمز البريدي ١١٤٤٢ ـ الرياض

ترسل المقالات باسم رئيس التحرير ت : ٤٨٨٣٤٤٤ ـ ٤٨٨٣٥٥٥

journal of Science & Technology

King Abdulaziz City For Science & Technology

Gen. Direct. of Sc. Awa. & Publ. P.O. Box 6086

Riyadh 11442 Saudi Arabia

يمكن الاقتباس من المجلة بشرط ذكر اسمها مصدراً للمادة المقتبسة

الموضوعات المنشورة تعبر عن رأي كاتبها

العلوم والتقنية

المشرف العام

د. صالح عبد الرحمن العذل

نائـب المشـرف العـام
ورئيـس التحريـــر

د. عبد الله أحمد الرشيد

هيئـــة التحريـــر

د. عبد الرحمن العبد العالي

د. خالـــد السليمـــان

د. إبراهيـم المعتـــاز

د. محمد أمين أمجد

د. محمد فاروق أحمد

د. أشـرف الخـــيري

* * *

كلمة التحرير

قراءنا الأعزاء

الماء أساس الحياة ، فلا صناعة ، ولا زراعة ، ولا إعمار بدون توفر الماء، وهذا مصداقاً لقول الحق تبارك وتعالى في محكم التنزيل : ﴿**أو لم ير الذين كفروا أن السموات والأرض كانتا رتقاً ففتقناهما وجعلنا من الماء كل شيء حي أفلا يؤمنون**﴾ [الأنبياء ٣٠].

يوجد الماء في الطبيعة بصور مختلفة منها العذب ومنها المالح ، وبالتالي تختلف إستخداماته حسب تلك الصور ، فمنها ما يستخدم للشرب ، ومنها ما يستخدم للزراعة ، أو الصناعة ، وغيرها ، وقد أشار الخالق في كتابه العزيز إلى صنفي الماء الرئيسين في الآية الكريمة ﴿ **وما يستوي البحران هذا عذب فرات سائغ شرابه وهذا ملح أجاج ...** ﴾[فاطر ١٢].

قراءنا الإعزاء

قد لا تكن جميع المياه العذبة صالحة للشرب ـ مهما إختلفت مصادرها ـ لما قد تحتويه من ملوثات طينية، أو كيميائية، أو أحيائية، لذا تعالج بطرق وتقنيات مختلفة لتخليصها من تلك الملوثات.

تتنوع مراحل وطرق تنقية مياه الشرب ـ حسب الملوثات التي يحويها الماء ـ من بسيطة كما في عمليات الترسيب والترشيح إلى عمليات معقدة مثل بعض المعالجات الكيميائية ، إلى إضافة النسب الملائمة من الأملاح المعدنية ، لكي تصبح صالحة للشرب.

يصدر هذا العدد حاملاً بين دفتيه مواضيع عديدة تغطي بعض طرق وتقنيات تنقية مياه الشرب ، تتمثل فيما يلي : عمليات تنقية المياه ، تهوية وتبريد المياه الخام ، تيسير المياه ، التبادل الأيوني ، ترشيح المياه ، التناضح العكسي ، كما يحتوي على الأبواب الثابتة التي درجت المجلة على تضمينها في كل عدد ، نأمل أن نكون قد وفقنا في طرح مادة هذا العدد بشكل يرضي طموحات قرائنا الإعزاء.

والله من وراء القصد ،،،

العلوم والتقنية

سكرتارية التحرير

د. يوسف حسن يوسف
د. ناصر عبد الله الرشيد
د. محمد حسين سعد
أ. محمد ناصر الناصر
أ. عطية مزهر الزهراني

التصميم والإخراج

عبد السلام ريان
عرفه السيد العزب

*****

مصلحة المياه والصرف الصحي

برنامج تشغيل وصيانة مياه الرياض

مصلحة المياه والصرف الصحي ادارة حكومية ذات شخصية اعتبارية تختص بكل مايتصل بمياه الشرب والصرف الصحي بمنطقتها من ادارة وتنفيذ وتشغيل وصيانة، وللمصلحة فروع في كل من الخرج وشقراء والمجمعة، وتسهيلا لاجراءات العمل بما يتناسب مع طبيعة المهام التي تمارسها المصلحة فقد تم تقسيم المصلحة بصفة أساسية الى قطاعين رئيسيين هما قطاع الشئون الادارية وقطاع الشئون الفنية.

يتولى القطاع الأول تقديم الخدمات المساندة في مجال الشئون المالية والادارية بالمصلحة بينما يتولى القطاع الثاني اعداد برامج وخطط الصيانة لمرفقي المياه والصرف الصحي.

أهداف المصلحة

تتمثل أهداف مصلحة المياه والصرف الصحي بمنطقة الرياض في التالي:

١- رسم وتنفيذ خطة إدارة وتشغيل مياه الشرب والصرف الصحي.

٢- القيام بكل أنواع النشاطات التي تستهدف خدمة مرافق المياه والصرف الصحي.

٣- إعداد وتنفيذ وتطوير مشاريع الشبكات ومحطات التنقية داخل المدن بما يتفق وحاجتها.

٤- إستيفاء التكاليف المقررة نظاما.

٥- ممارسة جميع الصلاحيات النظامية لتحقيق الغرض الذي أنشئت من اجله من بيع وشراء واستهلاك مياه وغير ذلك.

نشاط المصلحة

تمارس المصلحة نشاطها من خلال برنامج تشغيل وصيانة مياه الرياض وبرنامج تشغيل وصيانة الصرف الصحي بمدينة الرياض، وسوف يقتصر الحديث هنا عن برنامج تشغيل وصيانة مياه الرياض لارتباطه بموضوع هذا العدد من المجلة.

برنامج تشغيل وصيانة مياه الرياض

مع بداية عام ١٣٩٩هـ آلت مسؤولية تشغيل وصيانة مياه الرياض من وزارة الزراعة والمياه الى مصلحة المياه والصرف الصحي، وأصبحت المصلحة تضطلع بمسؤوليات تشغيل وصيانة المياه بجميع مايتبعه من مرافق ومنشآت، وهي على سبيل المثال: آبار المياه، ومحطات تنقية المياه، ومحطات توليد الطاقة الكهربائية، ومحطات تقوية الضخ، وخطوط النقل الرئيسية، وشبكة التوزيع، والتوصيلات المنزلية.

وتعتمد مصادر المياه التي تغذي منطقة الرياض على مصدرين رئيسيين هما تحلية مياه البحر، والآبار الجوفية والسطحية، حيث تتم تحلية مياه البحر بالجبيل، ويتم ضخها الى مدينة الرياض عبر خطي نقل رئيسيين تبلغ طاقتهما الاجمالية ٨٣٠ ألف متر مكعب/ يوم، يتطلب رفع نسبة الاملاح بها للحد الذي تصبح معه مناسبة للاستهلاك الآدمي، لذا أنشئت محطة تنقية مياه الوسيع وآبار الوسيع، حيث يتم خلط المياه المنتجة من تلك الآبار (٢١٠ الف متر مكعب/ يوم وبمعدل أملاح ١٠٠٠ ملغم/لتر) مع المياه المحلاة الواردة من الجبيل، بحيث تكون نسبة الاملاح بعد الخلط بحدود ٢٥٠ جزء/مليون، ويوجد ايضا خمس محطات أخرى تابعة للبرنامج، هي: محطات البويب، و صلبوخ، و منفوحة، و الشميسي، والملز. ولكل محطة مايتبعها من آبار جوفية تغذيها، ويتم في هذه المحطات معالجة كاملة للمياه، وتبلغ الطاقة الانتاجية الاجمالية لهذه المحطات الخمس ٣٢٠ ألف متر مكعب/ يوم.

يمارس منسوبي برنامج تشغيل وصيانة مياه الرياض نشاطهم في سبيل إنجاز المهام المناطة به من خلال الادارات التالية:

● الشبكة والادارة الهندسية:

تعد الشبكة والادارة الهندسية من أهم الادارات الفنية بالبرنامج يقع على عاتقها عبء نقل المياه من مناطق الانتاج وتوزيعها على كافة انحاء الرياض عن طريق خطوط النقل الرئيسية وشبكة التوزيع التي تغطي جميع أحياء المدينة. ولاتقتصر مهام الادارة على عمليات التشغيل اليومية والصيانة الدورية والعلاجية للأعطال والانكسارات الظاهرة فقط، بل تمتد لتشمل برنامج الكشف على التسربات والوصول الى الانكسارات والأعطال غير الظاهرة وسرعة اصلاحها قبل ان تتفاقم، وذلك عن طريق تطبيق برامج الصيانة الوقائية.

وتتكون الشبكة والادارة الهندسية من عدة أقسام: هي الصيانة ومتابعة ومعالجة التسربات وترشيد الاستهلاك، والعدادات، والشؤون الهندسية و التوزيع والطوارىء.

● المحطات والآبار

تقوم إدارة المحطات والآبار بالتشغيل والصيانة لآبار المياه السطحية والعميقة ومحطات تنقية المياه ، ومحطات تقوية الضخ ، ومحطات توليد الطاقة الكهربائية ، كما تقوم بالتشغيل والادارة لأعمال المختبر المركزي للمياه ، وورش أجهزة القياس الالكترونية والتبريد وتكييف الهواء ، والقيام بأعمال الصيانة واعداد التصاميم للأعمال الكهربائية التابعة للبرنامج ، وكذلك أعمال الصيانة للقرى السكنية وماتشمله من عيادات طبية وصالات رياضية، وذلك في محطات التنقية خارج مدينة الرياض ، كما تقوم بتقديم المعونة الفنية والاستشارية لبرامج التشغيل التابعة للمصلحة (الخرج ، الوشم ، المجمعة) ، وتتكون تلك الادارة من وحدة الآبار ، ومحطات تنقية المياه ، ومحطات تقوية الضخ ، وتشغيل وصيانة محطات تنقية المياه ، ومحطة الروضة النهائية المركزية ، والمختبر المركزي ، وورشة أجهزة القياس والالكترونيات ، وورشة تبريد وتكييف الهواء ، والصيانة المدنية لمحطات التنقية ، والعيادات الطبية التابعة للمحطات الخارجية (الوسيع – البويب – صلبوخ) والاتصالات السلكية واللاسلكية .

● الشؤون الادارية

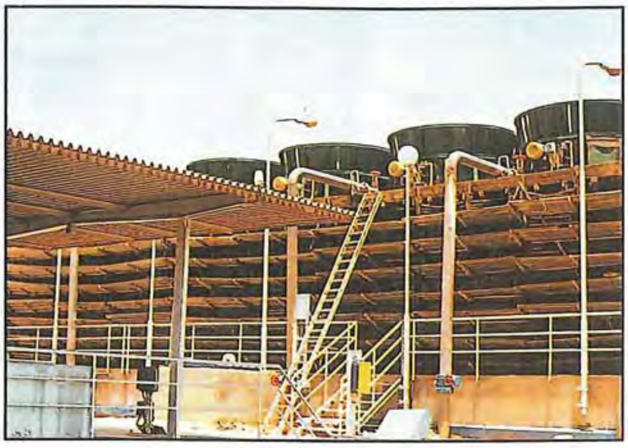
تضطلع ادارة الشؤون الإدارية بمهمة توفير الخدمات لجميع إدارات البرنامج وامدادها بالقوى العاملة الملائمة لطبيعة العمل ، وتضم الشؤون الإدارية أقسام شؤون الموظفين ، والرواتب ، والاتصالات الإدارية ، والمحاسبة ، والمستودعات ، ومراقبة المخزون .

● الأمن والسلامة

تتولى إدارة الامن والسلامة حماية منشآت وأفراد البرنامج عن طريق توعية العاملين بأهمية الالتزام بقواعد الأمن والسلامة واستخدام الأدوات اللازمة لتقليل الحوادث ، وتتكون تلك الإدارة من قسم الامن وقسم السلامة .

● الورش والنقليات

تقوم هذه الإدارة بأعمال الصيانة والإصلاح لكافة سيارات ومعدات البرنامج بهدف الوصول الى أفضل طاقة تشغيلية لهذه المعدات والسيارات ، كما تقوم الإدارة بإعداد المواصفات الفنية لكافة السيارات والمعدات المطلوب توفيرها لتغطية احتياجات إدارات البرنامج المختلفة ، وكذلك عمل الاصلاح للمضخات ومولدات الكهرباء ، وأعمال الخراطة والحدادة والقيام بتصنيع بعض المعدات اللازمة للبرنامج مما يوفر مبالغ طائلة كانت ستنفق لاستيرادها ، ويتبع للإدارة قسم صيانة وإصلاح السيارات ، وقسم الكهرباء وإعادة لف المحركات ، وقسم صيانة وإصلاح المضخات ، وقسم إصلاح مكائن الديزل ، وقسم الخراطة وتشكيل المعادن ، وقسم الحدادة واللحام ، وقسم النجارة .



صورة توضح أبراج التبريد

مراحل انتاج ومعالجة المياه بالبرنامج

تخضع عمليات إنتاج و معالجة المياه في المحطات التابعة للبرنامج لمراقبة دقيقة بواسطة أجهزة حديثة ومتطورة للتحكم والمراقبة ، وذلك من خلال المراحل التالية :

● انتاج المياه الخام من الآبار

يتم تغذية المحطات التابعة للمصلحة بالمياة الخام عن طريق عدد من الآبار ، يبلغ مجموعها (١٦٤ بئرا) منها ١٣٤ بئرا عميقا تقع داخل مدينة الرياض وضواحيها ، بالاضافة الى حقول الآبار في كل من الوسيع ، والبويب ، وصلبوخ ، و ٣٠ بئرا سطحيا تشمل آبار وادي نساح، ووادي نمار ، وآبار الحاير .

● المعالجة الاولية للمياه الخام

نظرا لارتفاع درجة حرارة المياه الخام الواردة من الابار والتي تصل الى حوالي ٧٠مْ يتم تمرير المياه عبر أبراج التبريد لخفض درجة حرارتها لتصبح من ٣٠ الى ٣٥مْ تهيئة لمعالجتها خلال المراحل الأخرى . كما يتم خلال هذه المرحلة التخلص من جزء كبير من أكاسيد الحديد والغازات الذائبة مثل غاز ثاني أكسيد الكربون ، بعدها تكون المياه المبردة على قسمين القسم الأول يتم تحويله إلى المرسبات للمعالجة الكيميائية لإزالة عسر الماء تهيئة لدخوله لوحدة التناضح العكسي ، أما القسم الثاني ويسمى مياه الخلط (By Pass) فيتم تحويله إلى المرشحات الرملية مباشرة للتخلص من أية شوائب أو عوالق في المياه حيث يتم حجزها على سطح المرشح الذي يحتوي على عدة طبقات من الرمل والبحص بمقاسات مختلفة . ويتم التخلص من الشوائب التي تتجمع على أسطح المرشحات بواسطة عملية الغسيل العكسي بالماء والهواء المضغوط .

بعد ذلك يتم تحويل المياه المرشحة (Filtered Water) إلى خزان التغذيه (Buffer Tank) والخاص بمحطة التناضح العكسي (Reverse Osmosis) ، ومن ثم يتم تمريرها الى وحدات التناضح العكسي ، وما زاد عن ذلك يستعمل للخلط ويمرر مباشرة إلى خزان المنتج .

● وحدات التناضح العكسي

يتم في هذه الوحدات التخلص من كمية كبيرة من الأملاح المذابة في المياه ، وذلك عن طريق ضخ المياه بواسطة مضخات الضغط المنخفض من خزان التغذية الى المرشحات الدقيقة ، وقبل دخول المياه الى تلك المرشحات يتم تجريع بعض المواد الكيميائية للمساعدة في إتمام عملية التناضح العكسي ، بعد ذلك يتم ضخ المياه من المرشحات الدقيقة بواسطة مضخات الضغط العالي الى بلوكات (Blocks or Stacks) التناضح العكسي ويتراوح عددها بين ٤ الى ١٣ بلوكا بناءا على حجم المحطة ، حيث يتم من خلالها فصل المياه الى قسمين الأول مياه محلاة أو منتجة تشكل من ٨٥

صورة لأحد مختبرات المياه

الى ٩٠٪ من المياه المغذية لوحدة التناضح العكسي ، بعدها يتم خلط تلك المياه مع المياه الخام المبردة ، وكذلك مع المياه الفائضة من خزان تغذية التناضح العكسي للحصول على مياه نهائية صالحة للشرب ، أما القسم الثاني الناتج من عملية التناضح العكسي فهي مياه مشبعة بالأملاح يتم رفع قيمة الرقم الهيدروجيني لها (pH) عن طريق تجريعها بمادة كربونات الصوديوم ، ومن ثم يتم صرفها في شبكة الصرف الصحي بالنسبة للمحطات الموجودة داخل المدينة أما في المحطات الخارجية فيتم تجميعها في بحيرات وبدون تجريع لتلك المادة .

● المعالجة النهائية

يتم خلالها تعقيم المياه بواسطة مادة الكلور لتصبح جاهزة للضخ عبر الشبكة للمستهلكين بحيث تكون المياه الموزعة من خلال الشبكة ذات جودة عالية تفوق أي مصدر آخر لمياه الشرب خاصة من الناحية الجرثومية ، كما أن تلك المياه تحتوي على كلور حر متبقي كاف للقضاء على أي تكاثر جرثومي ، مع العلم أن هناك آبار سطحية بنساح ذات ملوحة منخفضة بحدود (٣٥٠ جزء /المليون) وهي صالحة للشرب ويتم فقط تعقيمها بالكلور ثم ضخها مباشرة بشبكة المياه

محطات تقوية الضخ

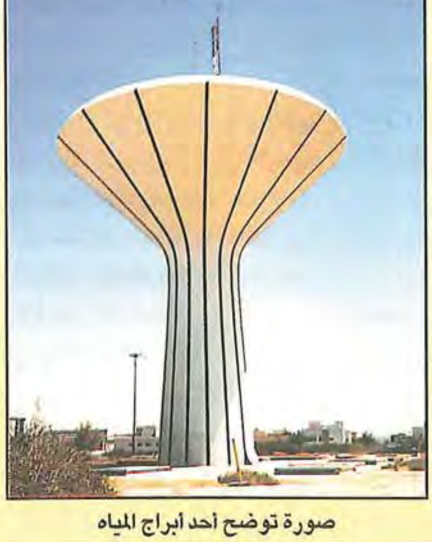
نظرا لطبوغرافية سطح مدينة الرياض ووجود فوارق كبيرة في مناسيبها فقد تم انشاء ٢١ محطة تقوية منتشرة في أنحاء المدينة لرفع ضغط المياه وإيصالها للمناطق المرتفعة على مدار ٢٤ ساعة ، وللمحافظة على استمرارية أداء محطات التقوية بالشكل المطلوب والقيام بالعمليات المناطة بها في توزيع المياه ومراقبة الضغط في شبكة المياه فإن هناك طاقم تشغيل يقوم بمراقبة أداء العمل في كل محطة على مدار شبكة المياه فإن هناك طاقم تشغيل يقوم بمراقبة أداء العمل في كل محطة على مدار ٢٤/ساعة وإجراء الصيانة اللازمة للآلات والمعدات والأجهزة التي تحتاج إلى صيانة مستمرة لضمان استمرارية العمل لضخ المياه من حقول الآبار ومعالجتها في محطات التنقية .

مراقبة نوعية المياه

لمتابعة نوعية المياه وجودتها سواء خلال مراحل المعالجة بالمحطات أوخلال شبكات التوزيع الرئيسية والفرعية يقوم المختبر المركزي التابع لبرنامج تشغيل وصيانة مياه الرياض بجمع وتحليل العينات التي يصل عددها إلى أكثر من ٢٣٠٠٠ عينة تحليل كيميائي وبكتيري سنويا من أماكن مختلفة من أحياء مدينة الرياض ، بالاضافة إلى تحليل العينات التي ترد من محطات المعالجة التابعة للمصلحة ، كما يقوم المختبر المركزي بتحليل المواد الكيميائية المستخدمة في معالجة المياه وذلك للتأكد من مطابقتها للشروط والمواصفات المطلوبة في عقد التوريد ، وتلافيا لتكوين ترسيبات في الخطوط الناقلة للمياه ، يقوم المختبر بدراسة أسباب عدم التوازن الكيميائي التي من شأنها تكوين تلك الترسبات للوصول الى توزيع مياه متوازنة كيمائيا .

الخطط المستقبلية

سعيا من البرنامج لتحقيق أهدافه بصورة أفضل فقد تم وضع عدد من الخطط المستقبلية تمهيدا لتنفيذها تتمثل بصفة أساسية في دعم مصادر مياه الشرب لتغطية الاحتياجات المتزايدة بالتنسيق مع الجهات المختصة ، واستبدال أجزاء من شبكة مياه الشرب القديمة ، وتحديث محطات معالجة مياه الشرب باستبدال أنظمة التشغيل والتحكم والمعدات القديمة بماهو أحدث وأقل تكلفة تشغيلية ، وفي سبيل تقديم الخدمات للمشتركين بصفة أفضل وتسهيل أعمال البرنامج فسوف يخصص جزء من تلك الخطط لتنفيذ ربط عدادات المياه بأجهزة نقل بيانات متطورة ليمكنها أخذ القراءات مباشرة عن طريق ربطها بحاسب آلي مركزي دون الاعتماد على الطريقة التقليدية المتبعة حاليا في أخذ القراءة من الموقع ، وتسهيلا على المشتركين والمراجعين سيتم إنشاء فروع لخدمات المشتركين بعدة مواقع في منطقة خدمات البرنامج ،كما سيتم تشغيل شبكات المياه والتحكم بها عن بعد بحيث يتم تشغيلها ومراقبتها عن طريق الحاسب الآلي من غرفة تحكم رئيسية ، وباستخدام الحاسب الآلي فسوف يتم ربط جميع المواقع لتنفيذ أعمال التشغيل والصيانة للبرنامج ، وايماناً من القائمين على البرنامج بأهمية تأهيل الكوادر الوطنية والاعتماد عليها في التشغيل والصيانة فإن تلك الخطط تتضمن انشاء مركز للأبحاث ومركز للتدريب ودعمه بالكوادر المؤهلة للبحث ولتطوير الكوادر البشرية .



صورة توضح أحد أبراج المياه

عمليات تنقية المياه

د. عبدالله محمد الرحيلي

يرجع إهتمام الإنسان بجودة مياه الشرب إلى أكثر من خمسة آلاف عام ، ونظرا للمعرفة المحدودة في تلك العصور بالأمراض ومسبباتها ، فقد كان الاهتمام منصباً على لون المياه ، وطعمها ، ورائحتها فقط ، حيث سخرت لهذا الغرض ـ خلال فترات تاريخية متباعدة ـ عمليات منها التقطير ، والغلي ، والترشيح والترسيب ، وإضافة بعض الأملاح ، وفي عام ٩٨م ظهر في روما أول تقرير هندسي عن مصادر المياه وأساليب تقنياتها ، موضحاً أن نظام المياه لتلك المدينة يتكون من حوض ترسيب يؤدي إلى قنوات للتوزيع . كما كتب الكيميائي العربي جابر بن حيان في القرن الثامن الميلادي تقريراً متخصصا حول المياه وبعض السوائل الأخرى .

شهد القرنان الثامن عشر والتاسع عشر الميلاديين الكثير من المحاولات الجادة في دول أوربا وروسيا للنهوض بعمليات تنقية المياه ، وأنشئت لأول مرة في التاريخ محطات تنقية على مستوى المدن . ففي عام ١٨٠٧م مثلاً ، أقيمت محطة مدينة جلاسكو الأسكتلندية ـ من أوائل المحطات في العالم ـ لمعالجة المياه بطريقة الترشيح ، ثم نقلها إلى المستهلكين عبر شبكة توزيع خاصة . وعلى الرغم من أن هذه المساهمات تعد تطوراً تقنيا في تلك الفترة إلا أن الاهتمام كان منصباً على نواحي اللون ، والطعم ، والرائحة ـ ما يسمى بالقابلية ـ وكان إستخدام المرشحات الرملية هو المظهر السائد حتى بداية القرن العشرين .

وكان وباء الكوليرا من أوائل الأمراض التي أكتشف إرتباطها الوثيق بتلوث مياه الشرب العامة في المرحلة السابقة لتطور عمليات التنقية . فعلى سبيل المثال ثبت أن تلوث المياه بمدينة لندن قد تسبب في إصابة بعض سكانها بمرض الكوليرا حيث أدى إلى وفاة ١٤٦٠٠ و ١٠٦٧٥ شخص في عامي ١٨٤٨م و ١٨٥٤م على التوالي ، كما أصيب حوالي ١٧٠٠٠شخص من سكان مدينة هامبرج الألمانية بهذا الوباء خلال صيف ١٨٩٢م ، وانتهى بوفاة مالايقل عن نصف ذلك العدد .

ساعد الاكتشاف المذكور ـ علاقة الكوليرا بالمياه الملوثة ـ على البحث عن سبل لازالة الكائنات الدقيقة المرضة ـ بكتيريا وفيروسات وغيرها ـ من المياه وإدخال عمليات التطهير عليها للوصول إلى مياه عالية الجودة ، بحيث تكون خالية من العكارة ، واللون ، والطعم ، والرائحة ، وخالية من الكائنات الدقيقة المسببة للمرض .

يعد التطهير للقضاء على الكائنات الدقيقة من بكتيريا وفيروسات بإستخدام الكلور من أوائل العمليات التي أضيفت إلى تنقية المياه بعد عملية الترشيح ، مما أدى إلى الحد من انتشار العديد من أمراض المياه مثل الكوليرا وحمى التيفوئيد .

ونظرا للتقدم الصناعي والتقني الذي يشهده هذا العصر وماتبعه من إزدياد سريع في معدلات إستهلاك المياه الطبيعية والنقية نوعا ما ، ونظراً لما يحدث من تلوث لبعض تلك المصادر نتيجة لإلقاء المخلفات الصناعية والزراعية ومياه الصرف ، وكنتيجة لبعض الحوادث البيئية الأخرى ، فإن عمليات تنقية المياه بدأت تأخذ مساراً جديداً يختلف في كثير من التطبيقات عن مسار التقنيات التقليدية ، بل إن مصادر المياه نفسها قد اختلفت في بعض مناطق العالم عن المصادر التقليدية ، سوف يتناول هذا المقال بإيجاز مواصفات مياه الشرب ، وعمليات التنقية التقليدية ، إضافة إلى الاتجاهات والتحديات الحالية والمستقبلية في عمليات التنقية .

ملوثات مياه الشرب

ينصب الاهتمام بجودة مياه الشرب على توفير المياه المقبولة في مظهرها وطعمها ، ورائحتها ، ومأمونة من النواحي الصحية ، وترتكز مواصفات مياه الشرب ، وعمليات التنقية اللازمة على الوصول إلى هذا الهدف بالدرجة الأولى ، كما أن النواحي الإقتصادية تستدعي البحث عن مصادر للمياه تكون قريبة من مواقع الإستهلاك ، ولا تحتاج إلى عمليات تنقية مكثفة باهظة التكاليف . إلا أن هذه النوعية من المصادر لاتكون متوفرة في كثير من الأحيان ، مما يحتم بناء محطات تنقية تختلف مراحلها وتكلفتها باختلاف مصادر المياه وجودتها ، إذ قد تكون المياه غير نقية بطبيعتها ، أو قد تتغير نوعيتها بسبب تلوثها بمواد خارجية . ومن العناصر الطبيعية في مياه الشرب والملوثات الخارجية التي تهمنا من النواحي الصحية مايلي :-

● الكائنات الحية الدقيقة

تعد الجراثيم المسببة للأمراض من أهم العناصر التي تؤثر على مسار عمليات تنقية المياه وعلى مواصفاتها ، لوجود العديد من الأمراض التي تنتقل عن طريق مياه الشرب . تختلف تلك الامراض بإختلاف الجراثيم المسببة لها ، فهناك

المـرض	مرات الانتشار	حالات الإصابة
الإلتهاب المعدي المعوي	١٩٢	٣٩,٨٤٥
داء الجارديات	٥٠	١٩,٨٦٣
داء الشيغلات	٢٥	٥,٤٤٨
داء السلمونيلات	٨	١,١٥٠
الإلتهاب الكبدي (النوع أ)	١٦	٤٦٣
الإسـهال	٤	٣,٩٠٢
الإلتهاب المعدي المعوي الفيروسي	١٠	٣,١٤٧
الكوليرا الفيروس	١	١٧
الفيروس الدوار	١	١,٧٦١
المجموع	٣٠٧	٧٥,٥٦٩

جدول (١) معدل انتشار أمراض المياه في الولايات المتحدة الامريكية (١٩٧١ ـ ١٩٨١م)

أمراض بكتيرية تسبب آلام معوية حادة نتيجة للتلوث ببكتيريا السلمونيلا والشيقيلا ، وأمراض تسببها بعض البروتوزوا مثل الأميبا والجارديا ، وهناك أمراض فيروسية مثل الكوليرا وشلل الأطفال ، ويوضح الجدول (١) إحصائية لأمراض المياه في الولايات المتحدة الأمريكية للفترة بين عام ١٩٧١م وعام ١٩٨١م .

● المعادن

من المعلوم أن المياه مهما اختلفت مصادرها فهي تحتوي على كمية من المعادن، يختلف تركيزها ونوعها من مصدر إلى آخر ، كما أن تركيز المعادن في المياه قد يتأثر بتعرض المياه للتلوث .

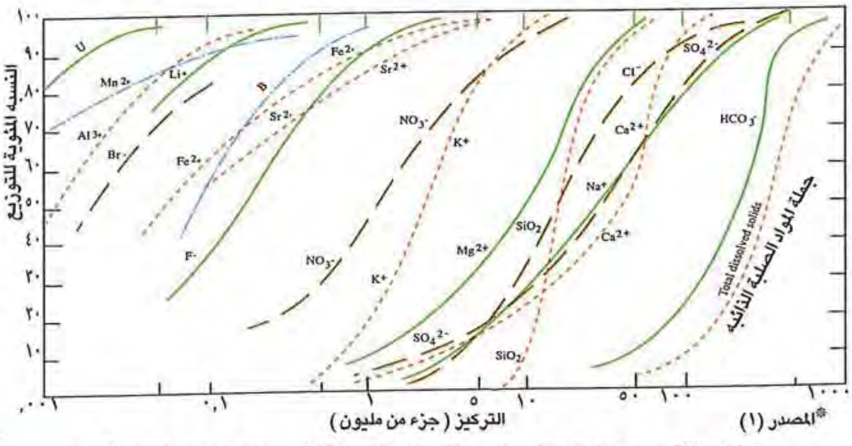
وتقاس المعادن مجتمعة في المياه بمحتواها من الأملاح الذائبة (درجة الملوحة) ، على أن هذا المقياس لايدل على نوعية الأملاح الموجودة ، حيث أن بعض المعادن قد تكون موجودة بكميات ضئيلة لكن أضرارها الصحية قد تكون خطيرة جدا ، كما هو الحال في فلزات عناصر الكروم والكادميوم والزرنيخ والفضة والسيلينيوم وفلزات العناصر الثقيلة كالزئبق والرصاص ، حيث من الضروري قياس كل منها على إنفراد والتأكد من مطابقتها للحدود المسموح بها . ويوضح الشكل (١) متوسط توزيع العناصر والأيونات المعدنية في مصادر المياه على مستوى العالم . وتجدر الإشارة إلى أن وجود المعادن في مصادر المياه يأتي في الغالب كنتيجة للتفاعلات الكيميائية التي تتم بين المياه والصخور أو التربة المحيطة بها خلال عمليات التعرية وإنتقال المياه ، كما أن التكوين المعدني قد يتأثر بالتفاعلات الحيوية ويتم تخفيفه أو تركيزه نتيجة لإنتقال المياه خلال الدورة الهيدرولوجية .

ومن ناحية التأثيرات الصحية للعناصر والأيونات المعدنية في المياه ، فإن لكل منها حد تركيز معين يعتقد أن تجاوزه قد يؤدي إلى آثار سلبية على الصحة العامة ، أو إلى أضرار إقتصادية ، وتختلف هذه الأضرار والآثار بإختلاف نوعية المعادن وتركيزها ومقدار تجرعها ، كما أن وجود كمية من الأملاح في مياه الشرب يعد ضروريا لصحة الإنسان ، وذلك لحاجة الجسم إلى مقادير معينة من بعض الأملاح . وكمثال على أهمية الأملاح في المياه فإن بعض الدراسات تشير إلى أن هناك علاقة إيجابية بين نقص العسر في مياه الشرب وبعض أمراض القلب ، إلا أن هذه العلاقة لم تكن واضحة في جميع الدراسات التي أجريت بهذا الصدد ، من جانب آخر فإن وجود العسر بتركيز عال يؤدي إلى صعوبة في إستخدام المياه في الغسيل ، وإلى ترسيب أملاح العسر في الأنابيب والغلايات ، وهناك ملوثات معدنية كثيرة في مياه الشرب وضعت لها مواصفات معينة تختلف بإختلاف درجة تأثيرها على الصحة وعلى إستخدامات المياه ، من هذه الملوثات الحديد والنحاس والخارصين ومعادن ثقيلة أخرى . كما أن هناك مواصفات لتركيز الأملاح الذائبة ولعناصر أخرى غير معدنية مثل النترات والفلوريدات والكبريتات .

● المواد العضوية

تتألف المواد العضوية في مياه الشرب من عدة أنواع ، بعضها يكون موجوداً أصلا في المياه مثل المواد الهيومية (Humic Substances) ، التي تتكون نتيجة لتحلل بقايا النبات والحيوان ، والبعض الآخر يأتي نتيجة لتلوث المياه بالمخلفات الصناعية والزراعية ومخلفات المدن . وللمواد الهيوميه دور رئيسي في التحكم بالتفاعلات الكيميائية يتمثل في تبادل وإنتقال بعض المركبات والعناصر المعدنية بين المياه وما تلامسه من صخور ورواسب . كما أن للمواد الهيوميه دوراً كبيراً في تكوين بعض المركبات السامة في مياه الشرب نتيجة لتفاعلها مع مواد التطهير ، مثل الكلور ، كما سيأتي ذكره لاحقا .

وتشكل المركبات العضوية المصنعة خطراً كبيراً على الصحة العامة ، وقد ظهر ذلك ـ بوضوح ـ في تلوث بعض مصادر المياه في العديد من الدول الصناعية . وتتألف هذه الملوثات من مركبات عضوية عديدة ، بعضها لاتعرف أضرارها الصحية بدقة تكفي لوضع حد معين لتركيزها في المياه ، كما أن هناك مواد عضوية جديدة تصنع بإستمرار بمعدلات تتجاوز معدلات دراسة هذه المواد ومعرفة آثارها الصحية ، وفي كثير من الأحيان لاتوجد طرق تحليلية تكفى لقياس الملوثات وتحديد تركيزها بدقة في مياه الشرب ، وتشمل هذه الفئة من المواد العضوية



● شكل (١) توزيع تركيز الايونات والمكونات المختلفة في مصادر المياه في العالم .

عناصر طبيعية	نواتج التلوث
تريتيوم (هيدروجين ـ٣)	سترونشيوم ـ ٩٠
كربون ـ ١٤	سيزيوم ـ ١٣٧
يورانيوم ـ ٢٣٥	تريتيوم (هيدروجين ـ٣)
يورانيوم ـ ٢٣٨	كربون ـ ١٤
توريوم ـ ٢٣٢	يود ـ ١٢٥
راديوم ـ ٢٢٦	يود ـ ١٢٩
راديوم ـ ٢٢٤	يود ـ ١٣١
رادون ـ ٢٢٢	بلوتونيوم ـ ٢٣٩

جدول (٢) أمثلة للعناصر المشعة في مياه الشرب.

العديد من المواد الكيميائية التي تستخدم في الصناعات المختلفة والمبيدات الزراعية والحشرية ومواد التنظيف. وتجدر الإشارة إلى أن تقنيات القياس الموجودة حاليا تكفي فقط لتحديد عددقليل من المواد العضوية في المياه، حيث أمكن قياس حوالي ٥٠٠ من المركبات العضوية البالغ عددها في مياه الشرب حوالي مليونين.[1]

• النظائر المشعة

تصل النظائر المشعة إلى مياه الشرب أساسا عن طريق التكوينات الصخرية، أو نتيجة للتلوث بفعل الإنسان من خلال التفجيرات النووية، ونفايات استخدامات النظائر المشعة في الطب، والمختبرات، ونواتج تجهيز وإستخدام الوقود في محطات الطاقة النووية. ويوضح الجدول (٢) بعض الأمثلة للعناصر المشعة في مياه الشرب، وبما أن كمية المواد المشعة التي يستهلكها الإنسان في مياه الشرب ضئيلة جداً مقارنة بما يتعرض له الإنسان من أشعة كونية ومصادر طبيعية أخرى[2]، تبقى العناصر المشعة ذات أهمية كبيرة في مياه الشرب من النواحي الصحية.

مواصفات مياه الشرب

بعد استعراض أهم العناصر التي تتحكم في جودة مياه الشرب، وتأثيرها على الصحة العامة فإنه تتضح أهمية وجود مواصفات لأكبر عدد ممكن من هذه العناصر في مياه الشرب، وضرورة وجود عمليات التنقية اللازمة للوصول بالمياه إلى حدود تلك المواصفات. إلا أنه يجب الاشارة إلى أن مواصفات المياه لايمكن أن تشمل جميع الملوثات الممكنة، كما أن الأرقام المذكورة في المواصفات قد لاتوفر الحماية الكافية من بعض العناصر، أو قد تكون أقل بكثير من الحد الأقصى الذي يمكن للإنسان أن يستهلكه بدون أن يتأثر صحيا. كل ذلك يمكن إدراكه عند التعرف على الأسس التي تبنى عليها المواصفات التي تعتمد في الغالب على دراسات إحصائية وإحتمالات تتيح نسب مخاطرة معينة ومبنية على أمور عدة منها:

- دراسات معملية تجريبية تجري في الغالب على الحيوانات.
- حوادث إستهلاك سكان بعض المناطق لمياه ملوثة ببعض العناصر.
- مدى توفر التقنية اللازمة لقياس الملوثات وعمليات تنقية المياه.
- المقدرة الإقتصادية على تنقية المياه (مشكلة الدول الفقيرة).
- تخمينات علمية مبنية على خبرات سابقة.

ورغم صعوبة وضع مواصفات شاملة ودقيقة لمياه الشرب للأسباب التي ذكرت سابقا، إلا أن ذلك لايعني ترك الأمر للاجتهادات الخاصة حيث أن هناك دراسات وتجارب سابقة أسفرت عن إيجاد مواصفات قياسية جزئية لمياه الشرب، ويوضح جدول(٣) قائمة جزئية للمواصفات السعودية لمياه الشرب مقارنة بالمواصفات الامريكية ومواصفات منظمة الصحة العالمية.

عمليات التنقية

تختلف عمليات التنقية باختلاف مصادر المياه (جوفية أو سطحية)، وجودة المياه، والمواصفات الموضوعة لمياه الشرب، ويجب الإشارة إلى أن التغير المستمر لمواصفات المياه يؤدي أيضاً ـ في بعض الأحيان ـ إلى تغيير في عمليات التنقية، حيث يتم تحديث المواصفات ـ في الغالب ـ بزيادة أو خفض الحد الأعلى لتركيز بعض مكونات الماء، وإضافة مكونات جديدة إلى قائمة المواصفات. كل ذلك يأتي نتيجة لعدد من العوامل، مثل التطور في تقنيات تحليل المياه وعمليات التنقية، أو اكتشاف مكونات جديدة لم تكن موجوة في المياه التقليدية أو كانت موجودة ولكن لم يتنبه إلى وجودها في السابق، أو معرفة جديدة ببعض المشكلات التي تسببها بعض المكونات الموجودة أصلا في الماء أو التي نتجت عن بعض عمليات التنقية، وفيما يلي وصف موجز لعمليات التنقية التقليدية المستخدمة للمياه السطحية والمياه الجوفية.

الخاصية	الحد الأقصى (جزء من مليون أو كما موضح)		
	السعودية	الأمريكية	منظمة الصحة العالمية
اللون	١٥ وحدة (*)	١٥	١٥
العكارة	٥ وحدات	–	٥
الطعم	مقبول	–	مقبول
الرائحة	مقبولة	–	مقبولة
الرقم الهيدوجيني	٦,٥ – ٨,٥	٦,٥ – ٨,٥	٦,٥ – ٨,٥
المواد الصلبة الكلية الذائبة	١٠٠ – ١٠٠٠	٥٠٠	١٠٠٠
التوصيل الكهربائي	١٦٠ – ١٦٠٠(**)	–	–
المغنيسيوم	١٥٠	–	–
الكالسيوم	٢٠٠	–	–
العسر الكلي	٥٠٠	–	٥٠٠
الصوديوم	٢٠٠	–	٢٠٠
الكبريتات	٤٠٠	٢٥٠	٤٠٠
الكلورايد	٢٥٠	٢٥٠	٢٥٠
الألمنيوم	٠,٢	–	٠,٢
الحديد	٠,٣	٠,٣	٠,٣
النحاس	١	١,٣	١,٠
الخارصين	٥	–	–
المنجنيز	٠,١	٠,٠٥	٠,١
الزرنيخ	٠,٠٥	٠,٠٣	٠,٠٥
الكادميوم	٠,٠٠٥	٠,٠٠٥	٠,٠٠٥
السيانيد	٠,٠٥	–	٠,١
الزئبق	٠,٠٠١	٠,٠٠٢	٠,٠٠١
السيلينيوم	٠,٠١	٠,٠٥	٠,٠١
الكروم الكلي	٠,٠٥	٠,١	٠,٠٥
النترات(نيتروجين)	١٠	١٠	١٠
النيتريت	<١	١	–
الفلوريد	٠,٦ – ١,٧	٤	١,٥
الرصاص	٠,٠٥	صفر	٠,٠٥

(*) وحدة لون حقيقي بمقياس الكوبالت البلاتيني.
(**) ميكروسيمينز /سم.

جدول (٣) المواصفات السعودية لمياه الشرب مقارنة بالمواصفات الأمريكية ومواصفات منظمة الصحة العالمية.

• تنقية المياه السطحية

تسُخر عمليات تنقية المياه السطحية بصورة عامة نحو إزالة المواد العالقة التي تسبب ارتفاعا في العكارة وتغيراً في اللون والرائحة . تتكون المواد العالقة من مواد عضوية وطينية ، اضافة إلى بعض الكائنات الدقيقة ، مثل الطحالب والبكتيريا . ونظرا لضآلة وزن الحبيبات العالقة مقارنة بمساحتها السطحية فإنها تبقى معلقة في الماء ولاتترسب . وإضافة إلى ذلك فإن الخواص السطحية والكيميائية لهذه الحبيبات تزيد من اتزانها في الماء ومقاومتها للترسيب .

تعد عمليات التنقية الكيميائية باستخدام عملية التخثير والترويب (Coagulation & Flocculation)هي الطريقة الرئيسية لتنقية المياه السطحية ، حيث تستخدم لهذا الغرض بعض المواد الكيميائية التي تقوم بإخلال اتزان الحبيبات العالقة ، وتهيئة الظروف الملائمة لترسيبها ، وإزالتها في أحواض للترسيب ، ومن المروبات المشهورة كبريتات الألنيوم وكلوريد الحديديك ، بالإضافة إلى بعض المروبات المساعدة مثل البوليمرات العضوية والبنتونايت والسيليكا المنشطة ، كما يمكن استخدام الكربون المنشط لإزالة العديد من المركبات العضوية التي تسبب تغيرا في طعم ورائحة المياه . يلي عملية الترويب والتخثير عملية الترشيح باستخدام مرشحات رملية لازالة ماتبقى من رواسب ، وأخيراً تأتي مباشرة عملية التطهير للقضاء على الكائنات الدقيقة المرضة حيث أنها تعد الحد الأدنى لكل أنواع المياه في جميع الحالات .

• تقنية المياه الجوفية

تعد مياه الآبار من أنقى مصادر المياه الطبيعية التي يعتمد عليها الكثير من سكان العالم ، إلا أن بعض مياه الآبار ، وخصوصا العميقة منها ، قد تحتاج إلى عمليات تنقية متقدمة ، وباهظة التكاليف ، قد تخرج عن نطاق العمليات التقليدية . وأبسط صورة لهذه العمليات هي إضافة الكلور للتطهير ، ثم ضخ المياه إلى شبكة التوزيع ، ويستخدم التطهير كعملية وحيدة لتنقية مياه بعض الآبار ذات النوعية الجيدة التي تفي بجميع مواصفات المياه ، إلا أن هذه النوعية من المياه هي الأقل وجودا في الوقت الحاضر . لذلك فإن غالبية المياه الجوفية تحتاج إلى عمليات فيزيائية وكيميائية - بالإضافة إلى التطهير- إما لإزالة بعض الغازات الذائبة مثل ثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين ، أو لإزالة بعض المعادن مثل الحديد والمنجنيز والمعادن المسببة لعسر الماء .

وتتم إزالة الغازات الذائبة باستخدام عملية التهوية التي تقوم أيضا بإزالة جزء من الحديد والمنجنيز عن طريق الأكسدة ، وقد يكون الغرض من التهوية هو مجرد التبريد، كما يحدث لبعض مياه الآبار العميقة التي تكون حرارتها عالية وتستدعي تبريدها حفاظا على كفاءة عمليات التنقية الأخرى . ويمكن إزالة معادن الحديد والمنجنيز بكفاءة في عمليات الأكسدة الكيميائية باستخدام الكلور أو برمنجنات البوتاسيوم .

إن الطابع العام لعمليات تنقية المياه الجوفية هو إزالة العسر بطريقة الترسيب ثم الترشيح بواسطة المرشحات الرملية أو المرشحات مزدوجة الوسط . ويستخدم في عمليات إزالة العسر الجير المطفأ (هيدروكسيد الكالسيوم) بالإضافة - في كثير من الأحوال - إلى استخدام رماد الصودا (كربونات الصوديوم) ، وهناك مركبات بديلة يمكن إستخدامها لإزالة عسر المياه ، كاستخدام الصودا الكاوية (هيدروكسيد الصوديوم).

وتحتاج المياه بعد عملية الترسيب إلى عملية موازنة قبل وصولها إلى المرشحات وشبكة التوزيع ، وذلك بهدف إذابة رواسب كربونات الكالسيوم المتبقية في المياه بعد عملية الترسيب ، ومنع ترسبها في المرشحات وأنابيب الشبكات . ويستخدم لهذا الغرض غالبا ثاني أكسيد الكربون أو حامض الكبريت لتعديل الرقم الهيدروجيني ، والمحافظة على المياه في حالة متزنة كيميائيا بالنسبة لكربونات الكالسيوم ، بحيث يمنع الترسيب في الشبكات وتآكل الأنابيب ، وتأتي عملية التطهير بعد الترشيح ، وذلك لقتل الكائنات الدقيقة المرضة ، حيث يستخدم لهذا الغرض عدد من العمليات ، مثل استخدام الكلور بصوره المختلفة ، أو الأشعة فوق البنفسجية ، أو الأوزون ، أو مركبات مطهرة أخرى .

• إزالة المخلفات

هناك مصدران رئيسان للمخلفات في محطات تنقية المياه، الأول هو الحمأة المترسبة في أحواض الترسيب ، والثاني هو مياه الغسيل الناتجة عن غسل المرشحات . وهذه المخلفات تحتاج إلى معالجة لتسهيل عملية التخلص منها بطرق بيئية سليمة ، أو الاستفادة منها بإعادة إستخدامها .

تحديات جديدة وتقنيات متطورة

بالرغم من أن طرق التنقية التقليدية السالفة الذكر لاتزال هي الطابع العام في كثير من دول العالم ، إلا أن السنوات الأخيرة شهدت تطوراً مذهلاً وتغيراً ملحوظاً في إتجاهات تنقية مياه الشرب في الدول الصناعية وبعض الدول النامية . وقد جاء هذا التحول كنتيجة حتمية للعديد من العوامل التي من أبرزها تلوث الكثير من مصادر المياه بالمخلفات الصناعية والزراعية ومخلفات المدن ، كما أن الشح في مصادر المياه الصالحة للشرب في العديد من الدول أدى إلى البحث عن مصادر مياه أخرى غير المصادر التقليدية ، مما أدى إلى استخدام تقنيات متقدمة باهظة التكاليف ، ومن التحديات الجديدة والتقنيات المقترحة للتغلب عليها مايلي:-

• تلوث مصادر المياه

يعد تلوث الكثير من مصادر المياه بالمواد العضوية المصنعة السمة الرئيسية لحوادث التلوث في العالم ، وتصل هذه المواد إلى مياه الشرب في الغالب عن طريق المخلفات الصناعية والزراعية ومخلفات المدن ، وقد كانت المخلفات في السابق تحتوي على مواد عضوية طبيعية يمكن إزالتها بواسطة الطرق الحيوية في محطات معالجة المخلفات ، ثم التخلص منها بأمان دونما تأثير على مصادر المياه . لكن التطور الصناعي السريع خلال نصف القرن الماضي كان من نتائجة تصنيع الملايين من المواد العضوية الغريبة على

البيئة والتي يصعب إزالتها بطرق المعالجة الحيوية لمياه الصرف والتقنية التقليدية لمياه الشرب ، كان الهدف من تصنيع بعض هذه المواد العضوية القضاء على الكائنات الحيوية الدقيقة في البيئة (كما هو الحال في المبيدات) ، إلا أن وصول هذه المواد إلى مصادر المياه أصبح مشكلة عالمية ، فعلى سبيل المثال فقد تم في عام ١٩٨٣م إكتشاف أكثر من ٣٠٠ مركب عضوي في مياه الشرب في الولايات المتحدة الأمريكية ، وفي كل عام تكتشف مواد أخرى جديدة[2] . وأدى إكتشاف هذه المواد في المياه إلى إستخدام تقنيات جديدة تضاف إلى التقنيات التقليدية لتنقية المياه .

وهناك العديد من البحوث والدراسات تجري حالياً لإستخدام تقنيات متطورة جداً لتنقية بعض المياه الملوثة ، بل إن بعض المحطات في الولايات المتحدة وأوربا قد شرعت في إستخدام هذه التقنيات ببناء محطات تجريبية ، وفي بعض الأحوال محطات متكاملة تستخدم تقنيات معينة ، مثل الإدمصاص بواسطة الكربون المنشط[3] ، وعمليات النزع بالتهوية[4] لإزالة العديد من الملوثات العضوية ، مثل الهيدروكربونات ، وبعض المبيدات ، والمركبات العضوية الهالوجينية .

• ازدياد الطلب وشح المصادر

تعاني الكثير من الدول في العصر الحاضر من نقص شديد في مصادر المياه نتيجة للجفاف والنمو السكاني ، كما أن التقدم في الصناعة وإرتفاع مستوى المعيشة في بعض الدول النامية تبعه استهلاك سريع لمصادر المياه التقليدية مع نقص في الموارد المائية غير المتجددة . إضافة إلى ماسبق ، فإن برامج الترشيد في إستهلاك المياه تكاد تكون معدومة في كثير من الدول التي تعاني من شح المياه . وكوسيلة لسد العجز في مصادر المياه التقليدية فقد لجأت العديد من الدول ، كما هو الحال في معظم دول الخليج العربي ، إلى تحلية مياه البحر والمياه الجوفية عالية الملوحة . وتعد تقنية تحلية المياه المالحة من التقنيات الحديثة نوعاً ما ، وتخضع في بعض صورها إلى تطور سريع في وقتنا الحاضر .

• الآثار الصحية لنواتج الكلور

يعد الكلور أشهر المواد التي تستخدم في تطهير مياه الشرب ، حيث أدى استخدامه منذ حوالى ١٠٠ عام إلى الحد من إنتشار الكثير من أمراض المياه . إلا أنه قد حصل مؤخراً تحول مفاجيء حول النظر إلى الكلور كمادة مأمونة الإستخدام في مياه الشرب . وقد بدأ هذا التحول في عام ١٩٧٤م عندما نشر أول تقرير يوضح أن تفاعل الكلور في المياه يؤدي إلى تكوين مادة الكلوروفورم السامة[5] . وتوالت الدراسات بعد ذلك وأثبتت أن تفاعل الكلور مع المواد العضوية الهيومية الموجودة في كثير من المياه السطحية وفي مياه الصرف الصحي يؤدي ـ تحت الظروف البيئية لتلك التفاعلات ـ إلى تكوين مادة الميثانية ثلاثية الهالوجين (Trihalomethanes) ، ومواد عضوية هالوجينية أخرى ، وتشمل المواد الميثانية ثلاثية الهالوجين عدة مركبات ، من أهمها الكلوروفورم ، والبروموفورم دايكلور وميثان ، والدايبروموكلوروميثان . ويعتقد أن هذه المواد وغيرها من نواتج الكلورة قد تسبب السرطان ، ووضعت مصلحة حماية البيئة الأمريكية ومنظمة الصحة العالمية الحد الأعلى لتركيز مجموع المواد الميثانية ثلاثية الهالوجين في مياه الشرب عند ١ر٠ ملجم/لتر .

ونظراً لأن التركيب الكيميائي للمواد العضوية الهيومية غير معروف بالتفصيل فإن مسارات التفاعلات مع الكلور والطرق التي يتم بها تكوين النواتج غير واضحة تماماً في الوقت الحاضر ، وهناك العديد من البحوث الجارية للكشف عن أسرار هذه التفاعلات .

وقد أدى اكتشاف نواتج الكلورة في مياه الشرب إلى البحث عن أفضل السبل للحد من المشكلة ، وإلى تكثيف الدراسات حول نواتج تطهير المياه . وتتركز الحلول المقترحة للتخفيف من مشكلة نواتج الكلورة على النقاط التالية:

- استخدام مطهرات أخرى بديلة عن الكلور .
- إزالة المواد الهيومية قبل وصولها إلى مرحلة الكلورة.
- إزالة المواد العضوية المكلورة بعد تكوينها .

تؤدي جميع الحلول المذكورة ـ من الناحية النظرية ـ إلى الإقلال من تركيز المواد العضوية المكلورة في المياه المعالجة ، إلاأن الدراسات التي أجريت وما زالت تُجرى تدل على أن المشكلة ليست سهلة وأن إمكانية إستخدام أي من الحلول ودرجة الإستفادة منه يختلف بإختلاف مصادر المياه وطبيعة التنقية في المحطات القائمة . ومن بدائل الكلور المقترحة التي تم دراستها : الأوزون والكلورامين وثاني أكسيد الكلور ، وقد ثبت أن هذه البدائل لاينتج عنها المواد العضوية المكلورة التي تنتج عن الكلور ، مثل المواد العضوية ثلاثية الهالوجين . غير أن الحماس لبدائل الكلور قد تناقص مؤخراً لأنه اتضح أن بدائل الكلور تنتج عنها أيضا مواد أخرى عضوية وغير عضوية تعد ضارة بالصحة ، ويجب إزالتها من المياه بعد التنقية . فمثلا يؤدي إستخدام ثاني أكسيد الكلور إلى تكوين الكلورايت والكلوريت ، بالإضافة إلى ثاني أكسيد الكلور المتبقي بعد المعالجة[6] ، كما أن ثاني أكسيد الكلور يمكن أن يعاد تكوينه داخل شبكة التوزيع مما يؤدي إلى ظهور روائح تشبه رائحة الكيروسين أو المبيدات الحشرية في مياه الشرب[7] ، أما الأوزون فينتج عن إستخدامه مركبات عديدة مثل الفورمالدهايد والأسيتالدهايد ،كما ينتج عن الكلورامين مركبات مثل كلوريد السيانوجين[8] .

تعد عملية الإدمصاص بإستخدام الكربون المنشط من أوائل العمليات التي درست لإزالة المواد العضوية الهيومية قبل مرحلة الكلورة كوسيلة للإقلال من نواتج الكلورة ، إلا أن هذه العملية تلاقي معارضة بسبب تكلفتها الكبيرة وضعف كفاءتها . ويعتقد أن تحسين كفاءة طرق التنقية التقليدية ،(الترويب و الترسيب و الترشيح وغيرها)، تؤدي في كثير من الأحوال إلى إزالة كمية كبيرة من المواد الهيومية قبل عملية الكلورة[9] .

ويمكن إزالة جزء كبير من نواتج عملية الكلورة بعد تكوينها بإستخدام عدة طرق ، منها عملية النزع بالتهوية لإزالة المواد المتطايرة ، وعملية الإدمصاص بإستخدام الكربون المنشط ، إلا أن جميع هذه العمليات تضيف عبئاً مادياً كبيراً على

محطات تنقية المياه . لذلك فإن إختيار الحل الأمــثل للتــحكم في نواتج الكلورة يجب بناؤه على دراســة مفصلة لطبيـعة المياه وطرق التنقية القائمة آخذين في الإعتبار كفاءة العمليات المقترحة وتكلفتها .

• التلوث داخل شبكات التوزيع

على الرغم من أن نوعــيـة المـيـاه عند مغادرة محطة التنقية تكون مقبولة ، إلا أنها قد تتغير وتتلوث عند مرورها داخل شبكة التوزيع والشبكات المنزليـة . وقـد يحـدث التغير نتيجة لعوامل كيميائية أو حيوية أو نتيـجـة للتلوث من خارج الشبكة ، ويعد التآكل وتحلل مواد الشبكة من أهم مصادر التلوث داخل الشبكة ، حيث يؤدي إلى إذابة بعض العناصـــــر من مـــــواد الأنـابيب والوصلات والطبقات الواقية التي توضع للحد من التآكل ، وتنتج ألياف الأسبستوس وكلوريد الفـينيل ومـواد أخـرى تنتج عن إسـتـخـدام بعض الأنابيب البلاسـتيكيـة ومـواد اللحـام . كمـا أن ترسب بعض المواد الكيـمـيائيـة مثل أملاح الحديد والمنجنيز والكربونات قد يؤثر سلبا على نوعية المياه في الشـــبكة ، وربما تؤدي بعض المواد الكيـمـيائيـة المسـتـخـدمـة في المحطات إلى تدهور نوعـــيـة الميـــاه داخل الشـــبكة ، فمثلايؤدي بقاء نسـبـة معينة من ـ الكلور بعد عمليات التنقية ـ مع وجود نسبة من المواد الهـيـومـيـة في المياه إلى استـمـرار تكوين المواد الميـثـانيـة ثلاثيـة الهـالوجين داخل الشــبكة ، والتي يزداد تركـيـــزها بإزدياد زمن مكوث الميـــاه في الشـــبكة ووجود الظروف الملائمة من درجة الحرارة والرقم الهيدروجيني .

ومن الممكن أن تسوء نوعية المياه داخل الشبكة نتيجة للتلوث الحيوي ، حيث قد تصل الكائنات الدقـيـقـة من بكتـيـريا وفـيروسـات وغيـرها إلى داخل الشـبكة نتيجة لعدم كفاءة عمليات التنقية ، أو بسبب تلوث خارجي للشبكة بواسطة مياه الصـرف الصـحي . وقـد تتكاثر الكائنات الدقيقة في المياه ، أو على الأسطح الداخلية للأنـابيب مما يؤدي إلى انتـــشـــار بعض أمراض المياه ، كما تساهم بعض الكائنات الدقـــيـــقـــة في العـديد من التـــفـــاعـــلات الجـيـوكيـمـيـائيـة التي تساهم في بعض عمليات التآكل .

وبالنظر إلى أنواع وأســبــاب التلوث داخل الشبكات يتضح أنه للتحكم فيه يجب العناية في إخـتــيــار مــواد الشــبكات وتصميمها وصيانتها ، و العناية بعمليات التنقـيـة في المحطات والرفع من كفـاءتها، فمـثلاً للتحكم في التآكل يجب ممارسـة برنامجاً محدداً يساعد على إزالة الظروف التي تؤدي اليـه ، مـثل التـحكم في الرقم الهـيـدروجـيني ، وإضـافـة بعض المواد الكيـمـيائيـة . ويجب لمنع ترسب أكاسـيد الحديد والمنجنيز إستخدام عمليات الأكسدة والتـرسـيب والترشـيح . كـمـا يمكن منع ترسب كـربونات الكالسـيـوم في الشـبكة بالحفاظ على الإتزان الكربوني للمياه عند مغادرة المحطة بإضافة المواد الكيمـيائيـة اللازمة .

• مشكلة الفلورايد

من المعلوم أن هناك علاقـة وثيقـة بين مايستهلكه الإنسان من الفلوراید وصحة الأسنان ، وقـد وضـعت مـواصـفـات مـيـاه الشـرب حدوداً معينة لتركيز الفلوراید في الميـاه تتناسب مع كـمـيـة الميـاه التي يسـتـهلكها الإنسان خلال فصـول السنة المختلفـة ، وفي السابق كـان الجدل حـول مدى ضـرورة إضـافـة الفلوراید إلى مـيـاه الشــرب في حـالة وجــوده بنسب أقل من المواصـفـات ، حـيث أن الإنســان يمكن أن يحصل على الفلوراید من مـصـادر أخـرى عـدا مـيـاه الشـرب ، وزاد من هذه المشـكلة ظهور العديد من التقارير المتناقضة حـول العلاقة بين نسبة الفلوراید في مياه الشرب وصـــحـــة الأسـنان بناءاً على دراســـات لمجتمعات تحتوى مياهها على النسبة اللازمة من الفلوراید ومجتمعات أخرى تقل نسـبـة الفلوراید في مـيـاههـا عن الحـد المطلوب . الا أن ماورد في الســابق حـول موضوع الفلوراید كان أقل حساسية مما ورد مـؤخـراً في أحـد التـقـارير الطبـيـة الأمـريكيـة عن إحـتمال وجود عـلاقـة بين نســبــة الفلوراید في الميــاه والإصـــابة بالسـرطان ، حيث سارعت الجهات المعنية هناك إلى التـأكيد على أن هذه المعلومـات تحت الدراسة ولم يتوصل فيـها إلى قرار نهائي يؤكد ذلك الإدعاء[10].

• النظائر المشعة

أدى اكـتـشـاف بعض النظائر المشـعـة مثل الرادون والراديوم واليورانـيـوم في بعض مصادر المياه الجـوفيـة إلى البـحث الجـاد عن أفـضل السـبل لإزالتـهـا . ومن التقنيات التي تدرس حالياً لهذا الغرض ـ بالإضافة إلى العمليات التقليدية ـ عمليات التبادل الأيوني والإدمصاص بإستخدام الألومـــينا المنشطة وعـمليـات التناضح العكسي[11].

المراجع

1. Water Treatment Principles and Design, James M. Montgomery, Consulting Engineers, Inc., John Wiley & Sons, 1985, pp 10 - 13 .
2. Koening, L., "Fundamental Considerations in the Removal of Organic Substances from Water-A General Overview, In Control of Organic Substances in Water and Wastewater, B. B. Berger, Editor, EPA-600/8-83-011, 1983 .
3. Digiano, F. A., "Adsorption of Organic Substances in Drinking Water", In Control of Organic Substances in Water and Wastewater, B. B. Berger, editor EPA-600/8-83-011, 1983 .
4. McCarty, P. L., "Removal of Organic Substances in Water and Wastewater, B. B. Berger, editor, EPA-600/8-83-011, 1983 .
5. Rook, J., "Formation of Haloforms During Chlorination of Natural Waters", Water treatment Exam., 1974, 23, pp234 .
6. Gordon, G. et. al., "Minimizing Chlorite Ion and Chlorate Ion in Drinking Water Treated with Chlorine Dioxide", J. Amer, Water Works Assoc., 1990, Vol. 82, No 4, pp160 - 165.
7. Hoehn, R. C. et. al., "Household Odors Associated with the use of Chlorine Dioxide", J. Amer. Water Works Assoc., 1990, Vol. 82, No. 4, pp166 - 172 .
8. Krasner, S. W. et. al., "The Occurence of disinfection Byproducts in U. S. Drinking Water", J. Amer. Water Works Assoc., 1989. Vol. 81, No. 8, pp41-53 .
9. Edzwald, J. K., "Coagulation - Sedimentation - Filteration Processes for Removing Organic Substances from Drinking Water". In Control of Organic Substances in Water and Wastewater, B. B Berger, editor, EPA-600/8-83-011, 1983 .
10. Main Stream, "Reports Linking Flouride to Cancer are Premature", Amer, Water Works Assoc., 1990, Vol. 34, No. 2
11. Longtin, J. P., "Occurrence of Radon, Radium, and Uranium in Ground Water", J. Amer. Water Works Assoc., 1988, Vol.80, No. 7, pp84 - 93.

تهويه وتبريد المياه

د. ناصر بن عبدالله الرشيد
أ. عبدالله المحيذيف

عرفت فوائد تهوية المياه (Water Aeration) منذ عهد الرومان، فقد كانوا يعملون الجدران الجانبيه لقنوات نقل المياه خشنة، لكي تعمل على إثارتها وتكوين فقاعات هوائية داخلها، فيؤدي ذلك إلى زيادة أثر الهواء في تنقيتها، وبالتالي تحسين طعمها ورائحتها، وتقليل التكاليف الإقتصادية لمعالجتها.

تهدف تهوية المياه في السابق إلى إزالة كبريتيد الهيدروجين الذي يعطي المياه طعماً ورائحة غير مقبولة، فضلاً عن إزالة ثاني أكسيد الكربون مما يقلل كمية الصودا المستخدمة لإزالة عسر الماء، أما في الوقت الحاضر فإن تهوية المياه تستخدم لإزالة الملوثات العضوية الطيارة (Volatile Organic Contaminants -VOC) مثل البنزين ورابع كلوريد الكربون، وثنائي كلوريد البنزين والتي يعتقد أنها تسبب أضراراً صحية.

من جانب آخر تهدف عملية التبريد (Water Cooling) إلى خفض درجة حرارة مياه الآبار العميقة التي تصل درجة حرارتها إلى حوالي ٧٠ْم لكي تصل إلى حوالي ٣٥ْم.

حالياً تستخدم التهوية في معظم محطات معالجة المياه لإزالة بعض المواد غير المرغوبة فيها، ويطلق على هذه العملية اسم عملية الفصل (Stripping)، كما تستخدم التهوية لإضافة بعض المواد الموجودة في الهواء إلى الماء فيما يسمى بعملية الإمتصاص (Absorption) مثل عملية إضافة الأكسجين لأكسدة الحديد والمنجنيز، أو إضافة الأوزون للقضاء على الكائنات الدقيقة المسببة للامراض.

الأسس العلمية للتهوية والتبريد

تُعَرَّف عملية التهوية - بشكل عام - بأنها عملية تلامس الهواء مع الماء لتسهيل عملية إنتقال الغاز من خلال السطح الفاصل بين الوسطين (السائل والغاز).

يجب عند تطوير الأنظمة المتعلقة بعملية نقل الغاز إلى الماء الاهتمام بمعدل وكمية الإنتقال الذي يمكن إنجازه، ولكي تتم عملية الإنتقال فإنه يجب أن يكون هناك فرق في محتوى التركيز بين السائل والهواء، لأن هذا الفرق يعد مؤشراً على عدم الإتزان، وبالتالي يؤدي إلى إنتقال الغاز إلى الماء.

● الإتزان

تعرف عملية الإتزان (Equilibrium) بأنها الحالة التي يتوقف عندها الانتقال بين وسطين متجاورين من خلال السطح الفاصل بينهما. وتعتمد كمية ومعدل إنتقال الغاز من وإلى الماء على قابلية ذوبانه في الماء والعوامل التي تؤثر عليها، وذلك كما يلي:

- عند الإتزان لا يوجد أي إنتقال بين الوسطين.
- عندما يكون النظام في حالة عدم الإتزان فإن عملية الإنتقال تستمر حتى تصل إلى حالة الإتزان، وقد يكون الوقت اللازم لوصوله إلى هذه الحالة قصيراً أو طويلاً جداً.
- يوجد لكل غاز عدد من حالات الإتزان - يمكن تمثيلها بمنحنى التوزيع - تعتمد على الضغط الكلي ودرجة الحرارة.
- تعمل الزيادة في درجة الحرارة على خفض درجة الذوبان، بينما تعمل زيادة الضغط الكلي على ارتفاع درجة الذوبان.

وهناك آليتان أساسيتان تؤثران في قابلية الغاز على الذوبان، هما :-

- التفاعل الكيميائي لبعض الغازات مع الماء - مثل كبريتيد الهيدروجين، والنشادر (الأمونيا)، والكلور، وثاني أكسيد الكربون - في عملية يطلق عليها عملية التأين، وفي هذه الحالة تعتمد قدرة الغاز في الذوبان على درجة تأينه في الوسط.

وبشكل عام ينجم عن تفاعل بعض الغازات مع الماء تحللها (الغازات) كلية إلى أيونات، وفي هذه الحالة يمكن إعتبار ذوبان الغازات بأنه ذوبان كلي.

- عدم تفاعل بعض الغازات مع الماء مثل : الأكسجين، والميثان، والكلوروفورم، وفي هذه الحالة يتأثر الذوبان بما يسمى بمعامل الطاقة غير المستفادة في النظام الديناميكي الحراري المعروف بالانتروبيا (Entropy)، لأن الانتشار والذوبان يتم عند زيادة الانتروبيا للنظام مقارنة بمكوناته (الأكسجين والماء مثلاً) كل على إنفراد.

يذوب الغاز في الماء عندما تكون قوى التجاذب بين الماء وجزيئات الغاز أقوى من قوة التجاذب بين جزيئات الماء نفسه، فمثلاً بالرغم من تشابه الإيثلين (C_2H_4) مع الإيثان (C_2H_6) تقريباً من حيث التركيب، إلا أن الإيثلين يتمتع بدرجة ذوبان في الماء تبلغ ضعف درجة ذوبان الأيثان، وذلك بسبب الإختلاف في التركيب البنائي لكل منهما وقدرتهما على كسر الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء، فجزيء الإيثان يحتوي على روابط أحادية بينما يحتوي جزيء الإيثلين على روابط ثنائية، ونظراً لأن الروابط الثنائية تحتوي على إليكترونات زائدة فإنها تميل إلى جذب النهايات الموجبة لجزيء الماء، مما ينتج عنه قوى تجاذب بين جزيئات الماء والإيثلين تؤدي - بدرجة عالية - إلى ذوبان الإيثلين في الماء.

ومن الأمثلة الأخرى يعد الأكسجين

أكثر قابلية للذوبان في الماء من النيتروجين، رغم أن كليهما يحتوي على قطبية خفيفة في الماء، ويعــزى ذلك لاحتـــواء ذرة الأكســجين على اليكتــرونات مــفــردة (Unpaired electrons) تتميز بأنها أكثر قابلية للإنجذاب نحو جزيئات الماء.

• إنتقال الكتلة

تحدد درجة إنحراف نظام الماء والغاز عن نقطة الاتزان بالقوة المحركة لعملية الإنتشار مع الأخذ في الإعتبار الوضع الذي ينتشر فيه الغاز من الهواء إلى الماء. ولكي يحدث ذلك يجب أن ينشأ فرق في تركيز المواد وهو ما يحدد إتجاه الإنتقال.

يعبر عن معدل إنتقال الكتلة (Mass Transfer) بمصطلح التدفق (Flux)، وهو معدل التدفق خلال وحدة زمنية معينة من خلال وحدة مساحة معينة تحت تأثير القوة المحركة. وتُعَرَّف القوة المحركة بأنها الفرق بين التركيز الكلي وتركيز السطح الفاصل بين الوسطين (السائل والغاز). ويعد الإنتقال منتظماً عندما تتساوى كمية الغاز التي تصل إلى السطح الفاصل بين الهواء والماء مع كمية الغاز التي تنطلق منه وتدخل إلى الماء.

طــرق التهـــوية

تتم تهوية المياه بعدة طرق منها:

• التهويه بالأبراج المحشوة

يعد إستخدام الابراج المحشوة (Packed Towers) لأنظمة تلامس السائل مع الغاز حديث نسبياً في صناعة معالجة المياه. ففي الماضي كانت عمليات الإزالة تتعامل مع الملوثات شديدة التطاير مثل كبريتيد الهيدروجين، وكانت تلك الأجهزة البسيطة نسبياً ملائمة لتوفير التلامس الضروري بين الماء والغاز.

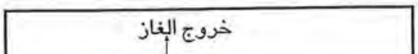
أما مجموعة المواد الكيميائية المعروفة بالملوثات العضوية المتطايرة (VOC) ومثيلاتها من المركبات مثل ثلاثي هالوجينات الميثان (Trihalomethane -THM) فإنها تكون أقل تطايراً، لذا فهي تتطلب إستخدام أجهزة تلامس أكثر تعقيداً ليتم إزالتها بصورة جيدة.

تتكون الأبراج المحشوه النموذجية، شكل (١)، من غلاف أسطواني يحتوي على قاعدة داعمة لحمل مادة الحشو، وهي عبارة عن قطع بلاستيكية مفردة ملقاة عشوائياً في العمود. وتوجد أحياناً حشوة ثابته (Fixed Packed) على شكل شرائح سابقة الصنع توضع داخل البرج بعناية فائقة. وتدار الأبراج بطريقة إعتيادية بإستخدام نموذج التيار المعاكس (Countercurrent) بحيث يهبط الماء إلى أسفل بينما يصعد تيار الهواء إلى أعلى، كذلك يمكن أن تصمم الأبراج بحيث تلائم التيارات المترافقة(Cocurrents) أو التيارات المتقاطعة (Cross-Currents).

• التهوية بالإنتشار

التهوية بالإنتشار (Diffused Aeration) هي مصطلح يستخدم – بشكل عام – في المجال البيئي، وهي تشير إلى الطريقة التي يمكن بواسطتها جعل الفقاعات الهوائية تتلامس مع الماء، ولذا يمرر الهواء إلى قاع الجهاز المحتوي على الماء، فيؤدي ذلك إلى تكوين فقاعات هوائية. تهدف هذه العملية إلى توزيع الهواء بطريقة منتظمة، وللحصول على حجم مناسب من الفقاعات الهوائية.

لم تجد هذه الطريقة الإنتشار الواسع في مجال معالجة المياه إلا أنها إستخدمت لتهوية خزانات إمداد المياه وفي أحيان قليلة إستخدمت لإزالة الملوثات العضوية الطيارة



شكل (١) جهاز الأبراج المحشوة لتهوية المياه

(VOCs)، وذلك راجع إلى تكلفتها العالية في إستهلاك الطاقة مقارنة بإستخدام أبراج الإزالة بالتهوية خصوصاً عند إزالة الملوثات العضوية الطيارة، ولهذا السبب فإنها تستخدم - بشكل عام - في حالة وجود خزانات جاهزة، مما يوفر كثيراً من تكاليف إنشاء الأبراج المخصصة لهذا الغرض. أما إذا كانت الحاجة للتهوية موسمية فقط، مثل إزالة (THM) في فصل الصيف، فإن الجدوى الإقتصادية تأتي إلى جانب إستخدام التهوية بالإنتشار خصوصاً في الآبار الجاهزة.

• التهوية بالرذاذ ومهويات الأطباق

إستخدمت خراطيم الرذاذ (Spray Nozzels) ومهويات الأطباق (Tray Aerators) كأجهزة تلامس مع الهواء منذ عدة سنوات في مجال معالجة المياه، وقد تمثل إستخدامها في إضافة الأكسجين اللازم لأكسدة مركبات الحديد والمنجنيز الذائبة في الماء، وإزالة ثاني أكسيد الكربون، وكبريتيد الهيدروجين من الماء، كذلك إستخدمت في إزالة المركبات العضوية المسببة للطعم والرائحة غير المقبولة.

يوجد نوعان لأنظمة خراطيم الرذاذ المضغوط المستخدمة في معالجة المياه هما: خراطيم مخروطية كاملة، وخراطيم مخروطية مجوفة. يؤدي إستخدام الخراطيم المخروطية الكاملة إلى تغطية منتظمة لمساحة محدودة في شكل دائري أو مربع أو مستطيل، أما الخراطيم المخروطية المجوفة فتعطي إطاراً من الرذاذ يتركز حول المحيط ويتجنب - تقريباً - الرش في المركز، وبشكل عام فإن الخراطيم المخروطية المجوفة تعطي نسبياً قطرات صغيرة جداً، ولكن ذلك يتطلب ضغط أكبر.

إستخدمت مهويات الأطباق، شكل (٢)، لتهوية مياه المصادر (Source Waters)، وفي هذه الطريقة يحدث إنتقال شامل من خلال تهوية السطح داخل الطبق وفي شرائح العزل الساقطة، يجب أن تصمم هذه الأجهزة بناءً على تجارب سابقة مشابهة وتوصيات المصنعين.

يقتصر إستخدام خراطيم الرذاذ وأطباق التهوية أساساً على إزالة ثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين

شكل (٢) جهاز تهوية الأطباق المستخدم في تهوية المياه.

وإضافة الأكسجين، وتتراوح كفاءة هذه الانظمة من ٥٠ إلى ٨٠٪.

معالجة الغازات المتصاعدة

تعد طريقة الإزالة بالتهوية (Stripping) من أفضل الطرق لإزالة الملوثات العضوية الطيارة (VOC) من الماء، إلا أن التساؤلات بدأت تثار حول أثر الغازات الناتجة عن تلك العمليات على البيئة، خصوصاً وأنه يصعب حساب تراكيزها في الهواء وبالذات عند إستخدام نظم خراطيم الرذاذ ومهويات الأطباق، ولكن يمكن حساب معدل تحررها بالنسبة للوقت فقط، إما بالنسبة لأبراج الأزالة بالتهوية فإن معدل سريان الهواء يمكن التحكم فيه، كما يمكن حساب تراكيز الملوثات الطيارة في الغاز المتصاعد.

تبريد المياه

تعد مرحلة تبريد المياه أول المراحل الهامة والأساسية في معالجة المياه خاصة مياه الآبار العميقة التي تتراوح درجة حرارتها ما بين (٥٠ - ٧٠)مْ، لذلك تمر على أبراج التبريد لتخفيض درجة حرارتها لتصبح ما بين (٣٠ - ٣٥)مْ، وبعد ذلك تتم معالجتها بالمواد الكيميائية المناسبة، كما أن عملية التبريد لها فوائد أخرى تتمثل فيما يلي:

- إزالة الغازات المذابة في الماء مثل ثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين وغاز الميثان.
- أكسدة وترسيب بعض الملوثات مثل الحديد والمنجنيز.
- تعديل الرقم الهيدروجيني للماء، جدول (١).
- ترسيب بعض العوالق.

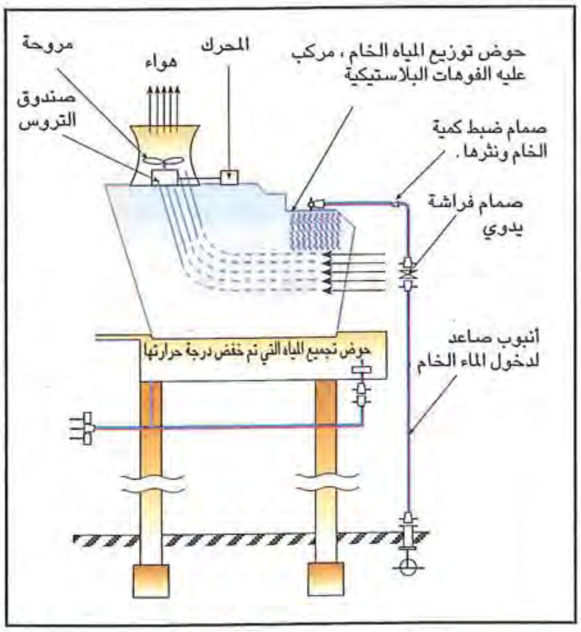
● مكونات وحدات التبريد

تتكون وحدات التبريد من نوع النثر بالترشيش (Splash pack-Type)، وهي منشأة من الأخشاب المعالجة كيميائياً ومغطاة بألواح الأسبستوس الأسمنتي المتعرج، وتكون الوحدات مفصوله عن بعضها البعض بواسطة جدران من الألواح المعالجة كيميائياً، وتتكون وحدة التبريد كما في الشكل (٣) مما يلي:

- أنابيب صاعدة بقطر ٢٠سم مصنوعة من الحديد الصلب غير القابل للصدأ. لدخول الماء الخام إلى المبردات.
- حوض توزيع المياه مركب عليه فوهات بلاستيكية دقيقة لنثر وترذيذ المياه.
- شرائح خشبية وبلاستيكية أفقية يتم عليها ترسيب أملاح الحديد والمنجنيز.
- حوض تجميع المياه التي تم خفض درجة حرارتها.
- مروحة سحب الهواء لتمريره على الماء المنثور، وهي تعمل بمحرك كهربائي عن طريق صندوق تروس للتحكم في سرعة المروحة.

الخاصية	قبل التبريد	بعد التبريد
الرقم الهيدروجيني	٦,٢ - ٧	٧,٦ - ٨,٢
ثاني أكسيد الكربون*	٢٠ - ٣٠*	١,٥ - ٣
الحديد	١,٧ - ٢,٠*	٠,٧ - ١,٠
* جزء من المليون		

جدول (١) أثر التبريد على بعض صفات مياه الشرب.



شكل (٣) وحدة تبريد من نوع النثر بالترشيش

- صمام فراشة يدوي.
- صمام لضبط كمية المياه ونثرها.

* طريقة عمل وحدة التبريد

تندفع مياه الآبار العميقة إلى المبردات من خلال الأنابيب الصاعدة، لتصل إلى حوض التوزيع بأعلى المبرد، ويتم توزيع المياه بالتساوي عبر الفوهات البلاستيكية المركبة على سقف حوض التوزيع، حيث يتم نثر المياه وترذيذها إلى قطرات صغيرة، وذلك لجعل مساحة تعرض المياه مع الهواء أكبر ما يمكن للحصول على أعلى كفاءة لخفض درجة الحرارة وإزالة بعض الغازات المذابة، وكذلك إذابة الأكسجين لأكسدة أملاح الحديد والمنجنيز وترسيبها في أحواض تجميع المياه التي تم خفض درجة حرارتها بأسفل المبردات، يتم تجميع المياه من جميع المبردات وإرسالها إلى المرسبات «المروقات» عن طريق قناة خرسانية تسمى (Parchall Flume). تتوقف سعة وحدات التبريد على كمية المياه التي يراد تبريدها، وعلى حالة الفوهات البلاستيكية. ويفقد خلال هذه العملية حوالي (٤ - ٥ ٪) من كمية المياه الداخلة للمبرد بسبب التبخير والرذاذ المحمول مع هواء التبريد.

قبل تشغيل المبرد يجب أخذ الإحتياطات التالية:

- تفقد حوض التوزيع والفوهات البلاستيكية والتأكد من نظافتها.
- تفقد الشرائح الخشبية والبلاستيكية وحوض تجميع المياه التي يتم خفض درجة حرارتها والتأكد من نظافتها.
- تفقد مستوى الزيت بصندوق التروس والتأكد من أنه عند المستوى الصحيح.
- تدوير المروحة باليد للتأكد من أنها سهلة الحركة وأن جميع الأجزاء مركبة.
- التأكد من أن صمام التصريف مغلق.
- تشغيل المروحة لفترة قصيرة للتأكد من دوران المروحة عكس عقارب الساعة.

تيسير المياه بالترسيب الكيميائي

د. عبدالرحمن إبراهيم العبدالعالي

تحتوي المياه وخاصة الجوفية منها على أملاح مختلفة تتكون من أيونات موجبة (مثل الصوديوم ، الكالسيوم ، والمغنيسيوم ، والبوتاسيوم ، والحديد ، والمنجنيز) وأيونات سالبة (مثل الكلوريدات ، والكبريتات ، والبيكربونات ، والكربونات ، والنترات ، والفلوريدات) . وعند تواجد هذه الأملاح بتراكيز عالية في المياه فإنها تحد من إستخدامها مباشرة خاصة للشرب ، ولذا يجب إزالتها للوصول إلى الحد المسموح به وفقاً للمواصفات العالمية أو المحلية .

تعرف المياه التي يزيد فيها تركيز ملحي بيكربونات الكالسيوم $[Ca[(HCO_3)_2]$ ، والمغنيسيوم $Mg(HCO)_3$ عن الحد المسموح به عالمياً بالمياه العسرة ، ويعرف العسر في هذه الحالة بالعسر الكربوناتي ، كما يحدث عسر المياه أيضاً بدرجة أقل عند احتوائها على أملاح كبريتات وكلوريدات وسيليكات الكالسيوم والمغنيسيوم ، ويسمى بالعسر غير الكربوناتي . ويعرف مجموع تركيزي عنصري الكالسيوم والمغنيسيوم بالعسر الكلي للمياه .

يقاس عسر المياه عادة بمكافيء كربونات الكالسيوم ، ويعبر عنه بالمليجرام (ملجم) من كربوتات الكالسيوم المكافئة لكل لتر ماء ، وتحدد درجة عسر المياه طبقاً لتراكيز كربونات الكالسيوم ، جدول (١) .

تتفاوت درجة العسر المقبولة في المياه المنتجة حسب متطلبات الاستخدام سواء كانت صناعية أم منزلية . وتعد المياه التي تحتوي على عسر كلي (٧٥-١٥٠ ملجم مكافيء كربونات كالسيوم/لتر ، وبما لايزيد عن ٤٠ ملجم مكافيء كربونات مغنيسيوم/لتر) من أنسب المياه للاستخدام البشري حسب ما أقترحته جمعية أعمال المياه الأمريكية (AWWA) .

تأثيرات المياه العسرة

ينتج عن استخدام المياه العسرة (Hard Water) عدة تأثيرات منها مايلي :-

١- ترسب الأملاح المعدنية في المراجل (الغلايات) البخارية وسخانات المياه ، مؤدية إلى تآكل جدرانها ، وإنسداد أنابيبها ، واستهلاك طاقة عالية .

٢- تكوين رواسب غير ذائبة مع صابون الغسيل ينتج عنها إضعاف قوة تنظيف الصابون .

٣- تأثير سلبي على أنسجة الملابس وتكوين بقع عليها .

درجة العسر	تركيز كربونات الكالسيوم (ملجم مكافيء/لتر)
يسر	صفر ـ ٧٥
متوسط	٧٥ ـ ١٥٠
عسر	١٥٠ ـ ٣٠٠
عسر جداً	أعلى من ٣٠٠

جدول (١) العلاقة بين درجة العسر وتركيز كربونات الكالسيوم

وبالرغم من تلك التأثيرات السلبية للماء العسر - المذكورة أعلاه - إلا أن له تأثيرات إيجابية صحية تتمثل في العلاقة العكسية بين كمية العسر الموجودة في المياه ، وبين أمراض أوعية القلب الدموية ، حيث أن الزيادة المعقولة من الكالسيوم في الغذاء تقلل من مستويات الكوليسترول في الأوعية الدموية ، كما أن وجود عنصر المغنيسيوم يحمي الأوعية الدموية من ترسبات الغرويات (الليبيدات) في الشرايين لأنه يعمل كمضاد للتخثر ، وبذا يحمي الجسم - بإذن الله - من أمراض أوعية القلب الدموية ومن الجلطات ، كما أفادت البحوث والدراسات التي أجريت في هذا المجال أن المكونات الفرعية - عناصر الفناديوم ، والليثيوم ، والمنجنيز ، والكروم - المرتبطة غالباً بعناصر العسر لها تأثيرات إيجابية على أوعية القلب الدموية ، إلا أنه من ناحية أخرى أشارت بعض البحوث أن هناك عناصر معينة مثل الكادميوم ، والرصاص ، والنحاس ، والخارصين توجد بمستويات عالية نسبياً في الماء العسر قد تساعد على الإصابة بأمراض أوعية القلب الدموية .

إزالة عسر الماء

يتم إزالة عسر المياه (عملية التيسير) باستخدام ثلاث طرق هي الترسيب الكيميائي ، والتبادل الأيوني ، والتناضح العكسي . ويعتمد إستخدام أي من هذه الطرق الثلاث على تركيز العسر في المياه الخام ، وكمية المياه المعالجة ونوعية المياه المطلوبة ، وكذلك على النواحي الاقتصادية . وسيتناول هذا المقال عملية تيسير المياه بطريقة الترسيب الكيميائي ، كما سيتم مناقشة الطريقتين الأخرين في

منفصلين داخل هذا العدد .

الترسيب الكيميائي

يتم في عملية التيسير بالترسيب الكيميائي تحويل العسر الناتج من أملاح الكالسيوم (بيكربونات وكبريتات وكلوريد الكالسيوم) إلى كربونات الكالسيوم ، وتحويل العسر الناتج من أملاح المغنيسيوم إلى هيدروكسيد المغنيسيوم .

تعتمد هذه العملية على الرقم الهيدروجيني (pH) للوسط المائي ، وتمتاز بأنها تُعطي قيماً عالية لإزالة العسر إلى جانب إزالة بعض الملوثات الأخرى ، إلا أنه يعاب على هذه العملية بأنها معقدة نسبياً ، وصعب التحكم فيها ، إضافة إلى أنها تنتج مخلفات شبه سائلة يلزم التخلص منها بصورة سليمة .

تتم عملية تيسير المياه في محطات التنقية بالترسيب الكيميائي وفق أسلوبين رئيسين هما :

• إضافة الجير ورماد الصودا

ينشأ عن إضافة الجير $Ca(OH)_2$ للمياه العسرة عدة عمليات كيميائية هي كالتالي :-

١- معادلة الأحماض الموجودة ، معادلة ١ ، ٢ ، شكل (١) .

٢- ترسيب أملاح الحديد والألمنيوم ، معادلات التفاعل (٥،٤،٣) .

٣- إزالة غاز ثاني أكسيد الكربون ، معادلة (٦) .

٤- ترسيب بيكربونات الكالسيوم والمغنيسيوم ، معادلات التفاعل (٨،٧) .

٥- ترسيب كلوريد وكبريتات المغنيسيوم ، معادلات التفاعل (١٠،٩) .

٦- تحويل البيكربونات الأخرى (بيكربونات الصوديوم والبوتاسيوم وغيرها) إلى كربونات ، معادلة التفاعل (١١) .

كما يقوم رماد الصودا (Na_2CO_3) بتحويل كلوريد الكالسيوم وكبريتات الكالسيوم إلى كربونات الكالسيوم المترسبة ، معادلات التفاعل (١٣،١٢) .

• إضافة الصودا الكاوية

يمكن إزالة جميع أنواع العسر عند إضافة الصودا الكاوية (NaOH) ، وذلك على مرحلتين هما :-

١- إزالة العسر الناتج عن بيكربونات الكالسيوم والمغنيسيوم وكبريتات المغنيسيوم وفقاً للتفاعلات التالية :-

$CO_2 + 2NaOH \longrightarrow Na_2CO_3 + H_2O$

$Ca(HCO_3)_2 + 2NaOH \longrightarrow CaCO_3(S) + Na_2CO_3 + 2H_2O$

$Mg(HCO_3)_2 + 4NaOH \longrightarrow Mg(OH)_2(S) + 2Na_2CO_3 + 2H_2O$

$MgSO_4 + 2NaOH \longrightarrow Mg(OH)_2(S) + Na_2SO_4$

٢- يتفاعل رماد الصودا (Na_2CO_3) الناتج من هذه التفاعلات مع العسر المتكون من أملاح كبريتات وكلوريدات الكالسيوم حسب التفاعلات السابقة (معادلة التفاعل ١٣،١٢ ، شكل ١) .

وبالرغم من أن أغلب عمليات إزالة العسر تعتمد على إضافة الجير ورماد الصودا ، إلا أنه في بعض الأحوال تحل الصودا الكاوية محل هاتين المادتين ، وهذا يرجع إلى عدة عوامل - تحدد إتخاذ قرار إستعمال مادة كيميائية معينة لتطبيق معين - هي :

- **التكلفة الكلية للمواد الكيميائية :** وهي أقل عند إستخدام الجير ورماد الصودا . وتعد الصودا أكثر المواد منافسة لهما خاصة في حالة المياه العسرة ذات القلوية المنخفضة أو المرتفعة جداً .

- **مجموع الأملاح الذائبة في الماء :** حيث يؤدي إستخدام الصودا الكاوية إلى زيادة مجموع الأملاح الذائبة في الماء - عكس ما يحدث عند إضافة الجير - كما أنها يمكن أن تزيد من تركيز عنصر الصوديوم إلى مستوى عال ، وكاف لإحداث تأثيرات صحية سلبية لبعض مستخدمي المياه .

- **إنتاج مخلفات مترسبة (حمأة) :** حيث ينتج عادة عند استخدام الجير ورماد

الرقم	المعادلة
١	$2HCl + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaCl_2(S) + 2H_2O$
٢	$H_2SO_4 + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaSO_4(S) + 2H_2O$
٣	$Al_2(SO_4)_3 + 3Ca(OH)_2 \longrightarrow 2Al(OH)_3(S) + 3CaSO_4(S)$
٤	$FeSO_4 + Ca(OH)_2 \longrightarrow Fe(OH)_2 + CaSO_4(S)$
٥	$2Fe(OH)_2 + H_2 + O_2 \longrightarrow 2Fe(OH)_3(S)$
٦	$CO_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaCO_3(S) + H_2O$
٧	$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow 2CaCO_3(S) + 2H_2O$
٨	$Mg(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow 2CaCO_3(S) + Mg(OH)_2(S) + 2H_2O$
٩	$MgCl_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow Mg(OH)_2(S) + CaCl_2(S)$
١٠	$MgSO_4 + Ca(OH)_2 \longrightarrow Mg(OH)_2(S) + CaSO_4(S)$
١١	$2NaHCO_3 + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaCO_3(S) + H_2O + Na_2CO_3$
١٢	$CaCl_2 + Na_2CO_3 \longrightarrow CaCO_3(S) + 2NaCl$
١٣	$CaSO_4 + Na_2CO_3 \longrightarrow CaCO_3(S) + Na_2SO_4$

شكل (١) معادلات تفاعل الجير ورماد الصودا في تيسير المياه بالترسيب الكيميائي .

الصودا كميات من المخلفات المترسبة أكثر مما ينتج في حالة استخدام الصودا الكاوية ، كما تزيد - في الحالة الأولى - كمية المخلفات المترسبة بزيادة قلوية العسر ، بينما لايعتمد نتاج هذه المخلفات - في الحالة الثانية - على قلوية الماء عند عسر معين .

- الثبات الكيميائي للمواد الكيميائية : يعد تخزين واستعمال الصودا الكاوية أكثر سهولة مقارنة بالجير ، حيث أنها لا تتأثر خلال فترة التخزين ، بينما الجير المطفأ له قابلية عالية لامتصاص الماء وثاني اكسيد الكربون من الهواء وتكوين كربونات الكالسيوم ، كما أن الجير الحي يكون عرضة لامتصاص الماء أثناء التخزين

وطبقاً للعوامل السابقة فإن إستخدام الصودا الكاوية في عمليات إزالة عسر الماء لا يلقى ترحيباً ، وذلك لسببين ، هما : زيادة تكلفة المواد الكيميائية المستخدمة ، وزيادة حدود تركيز الصوديوم بالماء المعالج .

عمليات تيسير المياه

تم تقسيم عمليات تيسير المياه إلى أربعة أنواع - تبعاً لقيمة الجرعة الكيميائية التي تعتمد أساساً على خواص المصدر المائي - تنسب إلى نوع وكمية المواد الكيميائية المضافة ، هي كما يلي :-

• اضافة منفردة للجير

يضاف الجير فقط لتيسير الماء الخام المحتوي على تركيز عال من الكالسيوم ، وعسر منخفض من كربونات الماغنيسيوم (أقل من ٤٠ ملجم/لتر) ، ولايحتوي على عسر لمركبات أخرى غير كربوناتية .

• إضافة زائدة للجير

تضاف كمية زائدة من الجير لتيسير الماء الخام الذي يحتوي على تركيز عال من الكالسيوم ، وعسر عال من كربونات المغنيسيوم . ولايحتوي على عسر غير كربوناتي ، ويمكن معالجته من خلال مرحلة واحدة أو إثنتين .

• إضافة جير وصودا

تتم إضافة الجير والصودا لتيسير الماء الخام الذي يحتوي على تركيز عال من الكالسيوم ، وعسر منخفض من كربونات المغنيسيوم (أقل من ٤٠ ملجم/لتر) ، كما أنه يحتوي على بعض العسر من مركبات الكالسيوم غير الكربوناتية .

• إضافة زائدة من الجير والصودا

تستخدم الاضافة الزائدة من الجير والصودا لتيسير الماء الخام الذي يحتوي على تركيز عال من الكالسيوم ، وعسر عال من كربونات المغنيسيوم ، وعسر غير كربوناتي . ويمكن معالجة الماء العسر بهذه العملية من خلال مرحلة أو إثنتين .

مفاعلات التيسير

تجري عملية تيسير الماء في خزانات كبيرة تعرف بالمفاعلات ، يتم فيها عمليات الخلط والترويق إنسيابياً مما يصعب معه التحكم في مجرى العملية ، على عكس ما يجري في محطات تنقية المياه ذات السعة الصغيرة .

يوجد نظامان لتصميم مفاعلات تيسير المياه يعتمد الأول منهما على ترسيب المواد المتكونة في قاع المفاعل ، بينما يعتمد الآخر على الإلتحام بأجسام صلبة عالقة ، ويمكن توضيحها على النحو التالي :-

• المعالجة بالترسيب

تتميز مفاعلات تيسير المياه بالترسيب بكبر حجمها حيث يصل قطرها العلوي إلى ١٥ متراً ، وعمقها إلى ٨ أمتار ، ويمكث الماء فيها إلى ما لايقل عن ساعتين . ويتم إستخدام هذا النوع من المفاعلات على نطاق واسع في محطات تنقية المياه بمدينة الرياض ، كما يوجد العديد من تصاميم مفاعلات تيسير المياه باستخدام المعالجة بالترسيب ، إلا أن أكثرها شيوعاً هو التصميم الموضح في الشكل (٢) ، الذي تتم فيه عملية التيسير على عدة خطوات هي :-

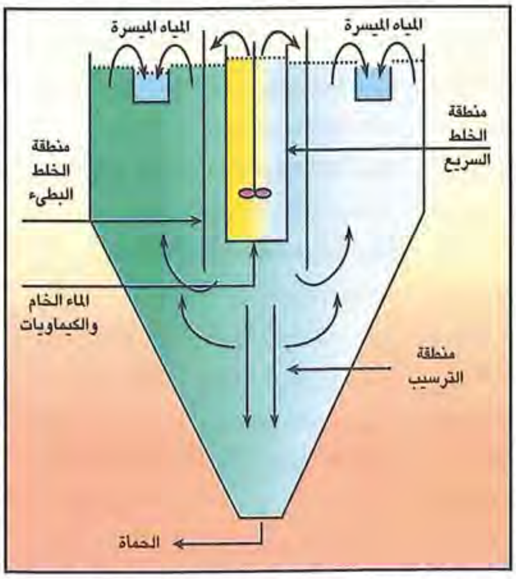
١- ضخ المياه الخام والمواد الكيميائية من أسفل منطقة الخلط السريع حيث يتم خلطها - باستخدام خلاطات - لإحداث التفاعل المطلوب .

٢- رفع الخليط إلى أعلى فينساب إلى الجزء العلوي من منطقة الخلط البطيء ، حيث يتكون الندف ويترسب بفعل الجاذبية في منطقة الترسيب مكوناً حمأة .

٣- رفع الماء الصافي نسبياً إلى أعلى ، حيث يتم تجميعه ، وإمراره على عمليات التنقية التالية .

٤- التخلص من الحمأة من أسفل المُرَسب عن طريق ضخها خارج المفاعل بنسَب محدودة .

٥- إعادة جزء من الحمأة - في بعض أنواع المرسبات - إلى منطقة الخلط السريع لزيادة كفاءة الترسيب .



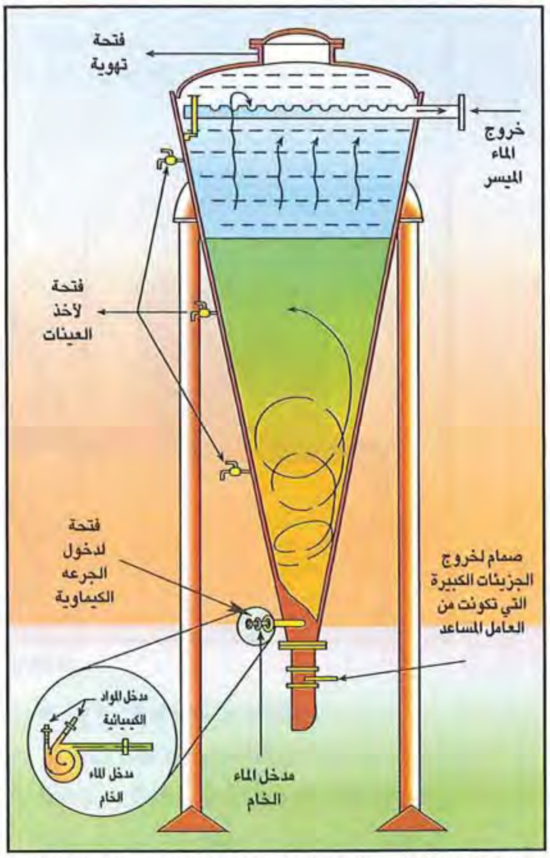
• شكل (٢) مفاعل التيسير المستخدم للمعالجة بواسطة الترسيب .

• المعالجة بالالتحام

تتميز عملية تيسير المياه بالمعالجة بالالتحام ، بصغر حجم مفاعلها ، وانخفاض تكلفة منشآتها ، وسرعة معالجتها للماء العسر ، ولقد تم إستخدام هذه التقنية منذ عدة سنوات في هولندا والولايات المتحدة الأمريكية ، ويتم استخدامها حالياً بمحطة تنقية مياه الشرب بمدينة عنيزة بمنطقة القصيم .

يتم تنقية المعالجة بالالتحام بالأجسام الصلبة المعلقة بإستخدام وسط متحرك من الحبيبات الخاملة كيميائياً ، مثل حبيبات الرمل التي تترسب عليها بلورات كربونات الكالسيوم .

يتركب مفاعل التيسير المستخدم



● شكل (٣) مفاعل التيسير المستخدم للمعالجة بواسطة الالتحام بالأجسام الصلبة المعلقة .

لمعالجة الماء العسر بالتقنية المذكورة ، من خزان مخروطي الشكل قاعدته الصغرى إلى أسفل تتم فيه تفاعلات التيسير في وجود وسط عالق من حبيبات الرمل الناعمة – محفز – يتراوح قطرها بين ٠,١–٠,٢ ملم ، شكل (٣) .

يدخل الماء الخام والمواد الكيميائية من قاع المخروط حيث يتم خلطهما فوراً ، ويرتفع الماء المعالج داخل الخزان بحركة حلزونية ، وتكفي السرعة الرأسية للماء لحفظ واستمرار الرمال في حركة دائمة . يتراوح زمن الالتحام بين الماء المعالج وذرات الرمل ما بين ٨ إلى ١٠ دقائق ، حيث تلتصق خلالها جزيئات مواد العسر المترسبة على سطح ذرات الرمل ، فيكبر حجمها . ونتيجة للحقيقة العلمية التي مفادها أن الذرات الكبيرة لها سطح نشط صغير ، فإن بعضاً من هذه الرمال يتم إزالتها بانتظام من أسفل المخروط ويحل محلها ذرات رمل نشطة صغيرة الحجم .

يتم خفض قيمة الرقم الهيدروجيني – خلال المعالجة – بدرجة كافية لمنع ترسيب هيدروكسيد المغنيسيوم ، حيث أنه لا يلتصق جيداً بسطح حبيبات الرمال فيترسب أسفل الخزان مسبباً حملاً كبيراً من المواد الصلبة على سطح المرشح ، ولذا يفضل عدم إستخدام هذه الطريقة في حالة احتواء الماء الخام على نسبة عالية من المغنيسيوم .

مخلفات عملية التيسير

تنتج عن عملية إزالة العسر باستخدام الجير، ورماد الصودا والصودا الكاوية (المعالجة بالترسيب) حمأة تحتوي على مخلفات مترسبة ، مثل : كربونات الكالسيوم ، وكبريتات الكالسيوم ، وهيدروكسيد المغنيسيوم ، وسيليكا ، وأكاسيد الحديد ، وأكاسيد الألمنيوم ومواد كيميائية لم تتفاعل .وتتراوح نسبة المواد الصلبة – في المتوسط – بين ٢٪ إلى ١٥٪ من الحمأة المتكونة في مفاعلات الترسيب . أما مخلفات مفاعلات المعالجة بإستخدام الالتحام بالأجسام الصلبة العالقة فهي مخلفات صلبة يسهل التخلص منها .

تعد عملية التخلص من الحمأة مكلفة سواء في مرحلة الإنشاء أو الصيانة والتشغيل . لذلك فقد تم الاهتمام بتقليل حجم الحمأة الناتجة – عن عمليات المعالجة – باستخدام مواد كيميائية خاصة لهذا الغرض ، أو إعادة تدويرها للاستفادة منها .وهناك العديد من الطرق المستخدمة للتخلص من الحمأة المنتجة يمكن تلخيصها كالتالي :

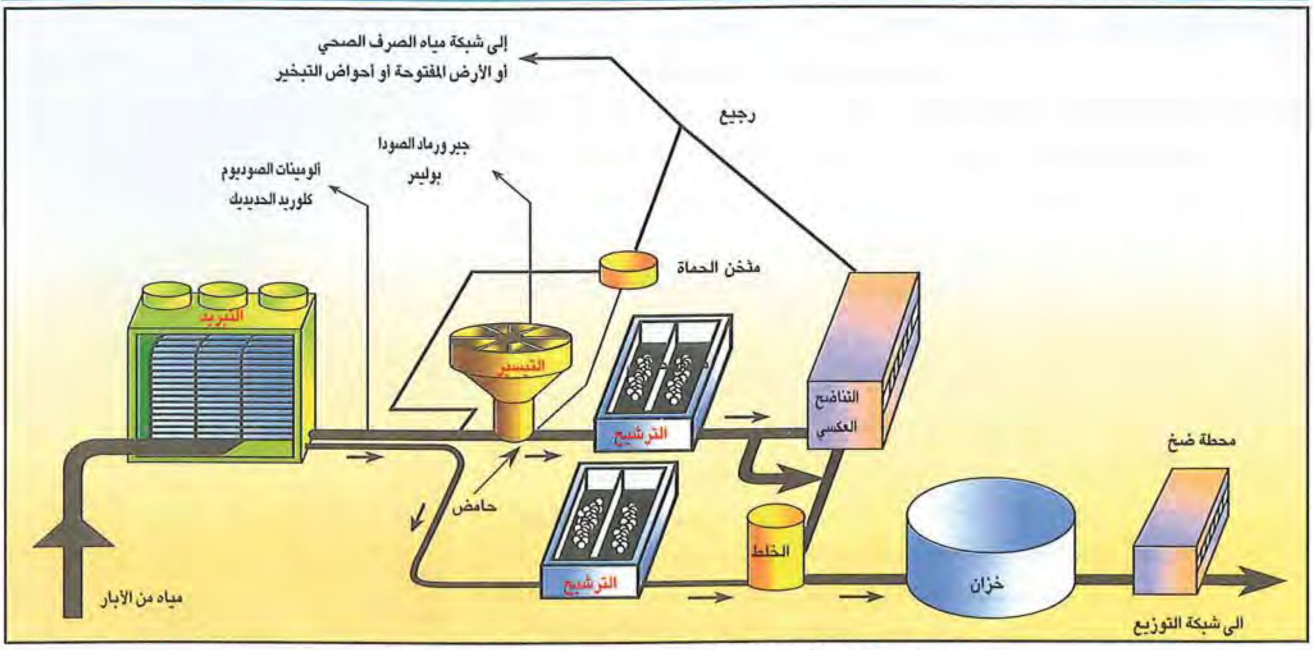
١– تركيز الحمأة في برك ، وتعد من أفضل طرق التخلص منها إلا أنها طريقة مكلفة ، وتتطلب مساحات كبيرة من الأراضي .

٢– إلقاء الحمأة في مواقع مخلفات البلدية ، ويتطلب ذلك تقليل حجمها – تركيز المواد الصلبة فيها – عن طريق إزالة الماء منها .

٣– إلقاء الحمأة في الأرض المفتوحة ، إلا أن هذه الطريقة لها تأثيرات بيئية سواء على التربة أو النبات أو المياه .

٤– التخلص من الحمأة في مرافق الصرف الصحي ، مع الأخذ في الاعتبار التأثيرات الكيميائية على عمليات معالجة مياه الصرف الصحي ، وكذلك زيادة المواد الصلبة وماقد يتطلب من تعديلات على

● إحدى محطات تنقية المياه بالرياض.



● شكل (٤) عمليات المعالجة في محطات تنقية مياه الشرب بالمملكة .

عمليات المعالجة وظروف التشغيل والصيانة .

عمليات تيسير المياه في المملكة

هناك إعتماداً كبيراً على المياه الجوفية لسد احتياجات المدن والقرى من مياه الشرب . ويوجد العديد من محطات تنقية المياه المصممة لإزالة العسر وماتحتوية المياه من عناصر تحد من إمكانية إستخدامها للأغراض المنزلية وبالذات الأملاح المسببة للعسر . فعلى سبيل المثال تحتوي المياه الجوفية المغذية لأحد محطات تنقية المياه في مدينة الرياض أعلى مستوى للعسر الكلي يصل إلى ٨٥٠ ملجم/لتر مكافيء كربونات الكالسيوم. وبشكل عام فإن أغلب المحطات القائمة تحتوي على العديد من عمليات التنقية ، (شكل ٤) ، التالية :

● التبريد

يتم إمرار المياه الجوفية الخام على أبراج ، لتبريدها وإزالة الغازات التي قد تكون موجودة بها ، وأكسدة الحديد والمنجنيز .

● التيسير

يتم تيسير المياه عن طريق معالجتها باستخدام مفاعلات التيسير بالترسيب في جميع المحطات ماعدا محطة تنقية المياه بمدينة عنيزه التي يستخدم فيها مفاعلات التيسير بالالتحام بالأجسام الصلبة المعلقة . ويتم إستخدام مواد كيميائية لإزالة العسر (جير ، رماد الصودا ، صودا كاوية) ، وكذلك مساعدات ترسيب (ألومينات الصوديوم ، وكلوريد الحديديك ، والبوليمرات) .

● الترشيح

يتم ترشيح المياه لإزالة العوالق ، والرواسب الدقيقة التي تكونت خلال عملية التيسير وذلك بإمرار المياه على مرشحات تحتوي على سيليكا .

● التناضح العكسي

يتم تمرير جزء من المياه على وحدات التناضح العكسي التي تعمل على إزالة الأملاح الذائبة والملوثات الأخرى .

المحطة	السعة القصوى (م٣/يوم)	المتوسط (م٣/يوم)
الوسيع	٢٢١٠٠٠	١٩١٢٤٠
صلبوخ	٦٦٧٢٠	٣٦٦٧٦
بويب	٦٦٠٠٠	٢٧٤٥٢
منفوحة ـ ١	٤٣٢٠٠	٢٥٣٤٢
منفوحة ـ ٢	٤٣٢٠٠	٢٨٣٦٢
الشميسي	٥٧٦٠٠	١٩٠٠٦
الملز	٢٨٨٠٠	١٤٤٢٧

جدول (٢) إنتاجية محطات تنقية المياه بمدينة الرياض (١٤١٣هـ)

● موازنة وتعقيم المياه

يتم خلط المياه الناتجة من عملية التناضح العكسي مع جزء من المياه التي تم ترشيحها ، للحصول على مياه مطابقة للمواصفات المطلوبة . ثم تعقم المياه باستخدام مادة الكلور ، ويعّدل الرقم الهيدروجيني للمياه باستخدام رماد الصودا أو الصودا الكاوية ليتم تخزينها وضخها لشبكة التوزيع .

كيميائيات تيسير المياه

بجانب المواد الكيميائية الأساسية (الجير ورماد الصودا والصودا الكاوية) المستخدمة لإزالة عسر المياه فإنه يتم استخدام مواد أخرى (كبريتات الألمنيوم وألومينات الصوديوم ، وكبريتات الحديد ، وبوليمرات عضوية) تساعد في عملية الترسيب . ويأتي إستخدام هذه الكيميائيات في محاولة لزيادة كفاءة ترسيب مواد العسر باستخدام الجير ورماد الصودا ، بحيث يمكن إزالة نسبة معينة من مركبات أخرى مثل السيليكا خاصة في محطات التنقية التي تشمل عمليات التناضح العكسي ، وذلك لمنع ترسيب السيليكا داخل أغشية التناضح العكسي المستخدمة في تلك المحطات .

ولتوضيح كميات ونوعيات المواد الكيميائية المستخدمة في عملية تيسير المياه في المملكة فقد يكون من المناسب التطرق إلى ما يجري في محطات تنقية مياه الشرب بمدينة الرياض حيث يوجد بها سبع محطات ، جدول (٢)، لتنقية المياه الجوفية تقوم بتأمين حوالي ٣٥٪ من إحتياجات سكانها من المياه النقية ، ومثال على ذلك يوضح الجدول (٣) المواد الكيميائية المستخدمة (عام ١٤١٣هـ) في محطات تنقية المياه بالرياض – عدا محطة

المادة الكيميائية	الكمية المستخدمة (طن)	الجرعة (ملجم / لتر)
جير	١٠٥٧	١٠٠ـ١٢٩
رماد الصودا	٢١٤٥	٧٠ـ٣٥٠
الومنيات الصوديوم	١٠٥,٦	٩ـ٢٥
كلوريد الحديديك	٢٧	١٥
بوليمرات	١,٥٦	,٠٦–,٢٥

جدول (٣) أنواع ، وكميات ، وجرعات المواد الكيميائية المستخدمة في تيسير المياه بالترسيب

الوسيع التي أوقفت عام ١٤١٧هـ – وذلك من حيث أنواعها ، وكمياتها (طن) ، والجرعات (ملجم/لتر) المستخدمة منها . بينما يوضح الجدول (٤) متوسط تركيز العسر الكلي ومجموع الأملاح الذائبة في المياه الخام ، وبعد عملية التيسير ، والناتج النهائي لمحطات التنقية بالرياض ، عام ١٤١٣هـ .

المحطة	الماء الخام		بعد التيسير	الناتج النهائي للمحطة	
	العسر الكلي (ملجم/لتر*)	الأملاح الذائبة (ملجم/لتر)	العسر الكلي (ملجم/لتر*)	العسر الكلي (ملجم/لتر*)	الجرعة (ملجم/لتر)
الوسيع	٥٤٧	١١٢٠	٤٧٣	٥٠٦	١٠٩٣
صلبوخ	٦٧٢	١٣٦٩	٣٤٣	١٦٩	٧٠٤
بويب	٨٥١	١٥٨٣	٤٢٠	٣٣٧	١٥٠٧
منفوحة-١	٧٣٣	١٥٠٩	٢٨٤	١١٦	٤٨٣
منفوحة-٢	٧١٤	١٤٦٨	٢٧٦	١٣٠	٥٠٨
الشميسي	٥٣٥	١٠٦٣	٢١٢	٢٢٠	٥٥٠
اللز	٦٠١	١١٨٤	٢٦٥	٢٦٤	١١٢٤

* مكافيء كربونات الكالسيوم

جدول (٤) متوسط العسر الكلي ومجموع الأملاح الذائبة في الماء الخام والميسر والناتج النهائي لمحطات الرياض.

عالم في سطور

أبو عبد الله الإدريسي

- **الاسم :** ابو عبدالله محمد بن محمد بن عبدالله الإدريسي
- **اللقب :** يلقب بالعالي بالله.
- **مكان الميلاد :** سبتة (المغرب العربي).
- **تاريخ الميلاد:** ٤٩٣ هـ / ١٠٩٩م.
- **تاريخ الوفاة :** ٥٦٠ هـ / ١١٥٦م.
- **المجال العلمي :** الجغرافيا .
- **رحلاته :** قام برحلات واسعة في مدن المغرب والأندلس ، مما أكسبه تميزاً عظيماً في علم الجغرافيا .
- **صفاته :** تميز بغزارة علمه ودقة معلوماته في الجغرافيا العالمية ، كما تميز بشمولية معرفته ، فهو على ثقافة واسعة في كل من الحساب ، والهندسة ، والفلك ، والطبيعة ، والسياسة ، إضافة إلى بزوغه في الطب ومعرفة الأعشاب ومنافعها وأماكن تواجدها .
- **أعماله :** قام بأعمال جليلة في مجال الجغرافيا ، حيث حدد منابع النيل والحيوانات المتواجدة فيه ، ووصف المناطق المحيطة به وصفاً دقيقاً سبق به علماء الغرب.
- **أبحاثه :** قام بأبحاث عدة في مجالات مختلفة ، منها الجيولوجيا والجاذبية الأرضية .
- **مؤلفاته :** ألف عدداً من الكتب من أشهرها ما يلي :-

١- **نزهة المشتاق في إختراق الآفاق** ، وهو الكتاب الذي دُرِّسَ في جامعات أوربا زهاء أربعة قرون .

٢- **مصوراً لأشكال الكرة الأرضية** مع الشروح الوافية .

٣- **خرائط العالم** ، وتعد أول خرائط صحيحة مع التعليقات عليها .

٤- **الجامع لصفات أشتات النبات .**

٥- **سعادة الرجال وغبطة النفوس .**

٦- **كتاب في الأدوية المفردة .**

المصادر :-

- إسهام علماء المسلمين في علم النبات / د. علي عبدالله الدفاع.
- إسهام علماء المسلمين في الصيدلة / د. على عبدالله الدفاع .

التبادل الأيوني

د. حامد بيومي مغراوي

يعرف التبادل الأيوني (Ion Exchange) بأنه تفاعل كيميائي يحدث فيه تبادل المواقع بين أيونات محلول ذائب وأيونات محلول غروي (Colloidal Solution) أو محلول شحيح الذوبان في وسط التفاعل . وتصنف عملية التفاعل المذكورة في أغلب الأحيان بأنها تفاعل عكسي ، فضلاً عن أن الوسط الذي يحدث فيه هذا التفاعل غالباً مايكون وسطاً مائياً . ويرجع تاريخ التعرف على ظاهرة التبادل الأيوني إلى عام ١٨٥٠م عندما لاحظ كل من هاري ثومبسون (Harry Thompson) و جون واي (John H Way) أن إضافة محلول كبريتات أوكربونات النشادر (الأمونيوم) إلى التربة ينجم عنه ادمصاص (Adsorption) جزء من أيونات الأمونيوم مقابل خروج جزء مكافيء (Equivelant) من أيونات الكالسيوم الموجودة في التربة إلى المحلول المائي. وقد ظلت هذه الظاهرة لأكثر من خمسين عاماً ذات اهتمام أكاديمي حتى تم التوصل إلى الإستفادة منها صناعياً في عملية تيسير المياه (إزالة العسر) باستخدام الزيولايت الطبيعي كمبادل أيوني . وفي عام ١٩٣٥م قام الكيميائيان آدمز وهولمز (Adams & Holmes) بتحضير وتطوير راتنجات (Resins)تبادل أيونية عضوية تمتاز بثباتها وسعتها التبادلية العالية (High Exchange Capacity) ، مما ساهم كثيراً في التوسع الكبير في تطبيقات عمليات التبادل الأيوني.

وقد أمكن الاستفادة من تقنية التبادل الأيوني أثناء الحرب العالمية الثانية عندما تم تحلية مياه البحر للجنود باستخدام مبادلات أيونية مصنوعة من زيولايت الفضة (AgZ) أو راتنج عالى السعة على هيئة قوالب مكعبة متماسكة ، مع إضافة قليل من هيدروكسيد الباريوم اليها ، وأصبح من الممكن تحويل ١٠ أحجام من مياه البحر الى مياه صالحة للشرب لكل حجم مكافيء من مكعب المبادل الأيوني المذكور .

وبهذه الطريقة أمكن إزالة المكونات الأساس لمياه البحر بإدمصاص أيون الصوديوم (Na^+) على سطح معدن الزيولايت ، وترسيب أيون الكلور (Cl^-) على هيئة كلوريد الفضة ($AgCl$)، بينما تزال كبريتات المغنيسيوم بترسيب هيدروكسيد المغنيسيوم [$Mg(OH)_2$] وكبريتات الباريوم ($BaSO_4$) بوساطة هيدروكسيد الباريوم [$Ba(OH)_2$] .

المبادلات الأيونية الصناعية

رغم أهمية المبادلات الأيونية الطبيعية ، مثل: الصوف ، و الحرير ، و السيليلوز المعالج وغير المعالج ، والمواد البروتينية ، والفحم المعالج بالسلفنة وغير المعالج ، إلا أن عدم تجانسها وعدم ثباتها الكيميائي إضافة إلى سعة تبادلها المحدودة كانت السبب في عدم الاعتماد عليها في الكثير من التطبيقات الصناعية ، مما استوجب التفكير والبحث عن مبادلات أيونية مصنعة ذات صفات جيدة ، أهمها: الثبات الكيميائي ، والسعة التبادلية العالية . وقد أفلحت جهود العلماء في تصنيع العديد من هذه المبادلات سواءً كانت من مصادر غير عضوية أومصادر عضوية وذلك كمايلي :

● المبادلات غير العضوية

جذبت هذه المواد الانتباه ـ منذ أقل من ٣٠ عاماً ـ رغم ضآلة سعتها التبادلية مقارنة بالمبادلات الأيونية العضوية ، بسبب أنها تتفوق على المبادلات العضوية في ثباتها عند درجات الحرارة العالية ، و تحملها جرعات عالية من الأشعة الذرية ، فضلاً عن إتصافها بانتقائية عالية للعديد من الأيونات وسهولة تحويرها بتغيير التركيب الكيميائي أو البلوري لمادتها ، وتعتمد خواص التبادل الأيوني لهذه المواد على طريقة وظروف التحضير ، حيث يمكن تحضيرها في أشكال مختلفة (مسحوق غير متبلر ، راسب دقيق التبلور، أو في شكل مبادل أيوني ورقي) ، ومع هذه المميزات فإن أغلب المبادلات الأيونية غير العضوية تكون على هيئة غير متبلورة ، وبالتالي غير مناسبة للإستخدام في صورة أعمدة بجانب سعتها التبادلية المنخفضة، وحالياً تم تطوير عدة طرق لتحويل هذه المواد الى صورة حبيبية أو مايشبه الخرزات الصغيرة . وتنقسم المبادلات الأيونية غير العضوية الى مايلي :

١ـ أكاسيد وأكاسيد مائية لبعض العناصر ، مثل: اكاسيد الألمنيوم ، والمنجنيز، والزركون ، والتيتانيوم ، وهلامات السيليكا ، وغيرها .

٢ـ أملاح حامضية لعناصر متعددة التكافوء ، وتحضَّر بتفاعل أيونات عديدة التكافوء ـ خاصة الرباعية (Zr , Ce , Ti , Sn) ـ مع أيونات سالبة عديدة التكافوء ، مثل : الفوسفات و المولبيدات و الزرنيخات

و الأنتيمونات والسيليكات، لتكوين أملاح حامضية شحيحة الذوبان من أهمها فوسفات الزركون {$Zr_3(PO_4)_4$} .

٣ـ مواد غير متجانسة متعددة الحامضية وأملاحها، وهي مركبات ذات شكل بنائي شبيه بالزيولايت، ولها التركيب التالي:

$$H_n X Y_{12}O_{40} \cdot mH_2O$$

حيث:

n = ٣، ٤، ٥

X = P, As, Si, B أو Ge

Y = P, W, Mo أو V

٤ـ أملاح سيانيد الحديد شحيحة الذوبان، وتنتج بخلط ملح أي من العناصر: (Mo, V,W,Mn, Ag, Pb,Fe,Ti, Zr) مع حامض $H_4[Fe(CN)_6]$ أو محاليل أملاحه (Na أو K).

٥ـ أملاح تبادل أيوني متنوعة شحيحة الذوبان مثل كبريتيدات كل من الفضة، والخارصين، والنحاس، والرصاص، والكادميوم، والنيكل.

وبالرغم من محدودية إستخدام المبادلات الأيونية غير العضوية في معالجة المياه ـ نظراً لطبيعة هذه المعالجة وحاجتها إلى مبادل أيوني عالي السعة وسهل التنشيط بعد استنفاده ـ إلا أن إستخدام رمل السيليكا والرمل الأخضر كمرشحات لازال سائداً في كثير من محطات معالجة المياه لإزالة بعض الملوثات مثل الحديد والمنجنيز وغيرهما. ولنفس الغرض أظهرت أكاسيد المنجنيز وأكاسيد الألمنيوم المائية إنتقائيتها العالية في إزالة بعض العناصر الملوثة لمياه الشرب.

وعلى سبيل المقارنة بين كفائتي مبادل أيوني غير عضوي (زيولايت) وآخر عضوي (راتنج قوي الحامضية) وجد أن الأول له القدرة على معالجة ٦ر١ مليون جالون لكل قدم مكعب من المبادل بينما ينتج الثاني ٢٠ مليون جالون لكل قدم مكعب قبل إستنفاذهما نهائياً.

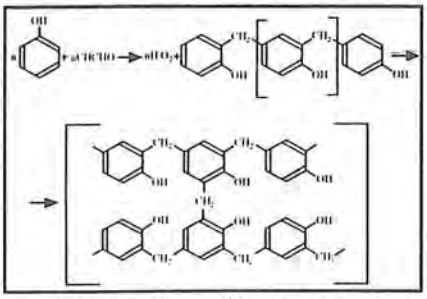
● راتنجات التبادل العضوية

تم التوسع السريع في تطبيق هذه الراتنجات نظراً لما أبدته من نجاح في كثير من المجالات التطبيقية المختلفة مثل الزراعة، وعلوم الحياة، والطب، والصيدلة، والكيمياء، و كذلك الاستخدامات التقليدية مثل معالجة المياه والتربة الزراعية.

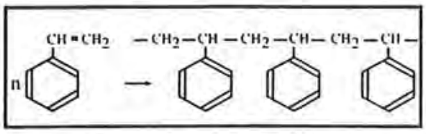
تتركب الراتنجات العضوية من شبكة هيدروكربونية متبلمرة مرنة ثلاثية الأبعاد، وذات روابط متعامدة عبر ذرات الكربون (C-C) ومثبت بها مجموعات وظيفية أيونية نشطة ومميزة.

وينحصر تحضير الشبكة الهيدروكربونية كبنية أساسية لهذه الراتنجات في طريقتين هما:

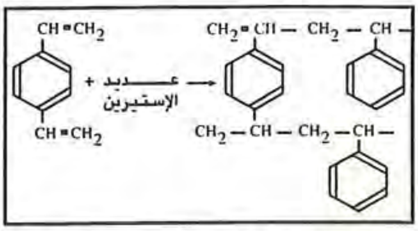
* **بلمرة بالتكثيف:** ومن أمثلتها تفاعل الفينول مع الفورمالدهيد وفق مايلي:



* **بلمرة بالاضافة:** وتتضمن بلمرة الجزئيات الاحادية، مثل تفاعل البيوتادايين ($CH_2 = CH - CH = CH_2$) ذاتيا مع البلمرة، ومن أهم التفاعلات وأكثرها شيوعا في البلمرة بالإضافة بلمرة الأستيرين مكوناً عديد الاستيرين وذلك كما يلي :-



ويلي ذلك تفاعل سلسلة عديد الاستيرين مع ثاني فينيل البنزين مكوناً راتنج غير قابل للذوبان وذلك كما يلي :-



ويتم التحكم في عوامل الربط المتعامدة في الراتنج المذكور، وكذلك مسامية جزيئاته تبعاً لكميات ثاني فينيل البنزين المستعمله، وحجم الحبيبات الناتجة.

ولاتحتوي نواتج البوليمر ـ الشبكة الهيدروكربونية ـ على مجموعات أيونية ولكنها تمثل بنية أساسية يمكن أن ترتبط بها مجموعات التبادل. وهناك طريقتان لإضافة هذه المجموعات أولهما تحضير الشبكة الهيدروكربونية، ثم إضافة المجموعة الأيونية لاحقاً، وثانيهما بتحضير الراتنج محتوياً على المجموعات الأيونية مباشرة أثناء علمية البلمرة.

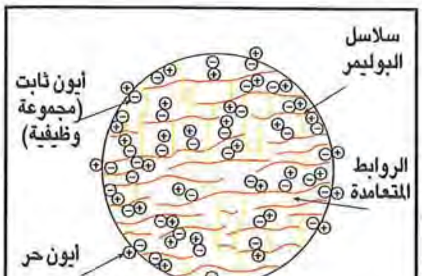
وفي حالة إضافة المجموعة الأيونية الى الشبكة الهيدروكربونية ـ كما في حالة إضافة مجموعة السلفونات (SO_3^-) ـ يتم معلجة البوليمر (استيرين ـ ثاني فنيل البنزين) بمعدل مجموعة سلفونات واحدة لكل حلقة بنزين باستخدام حامض الكبريت.

تكون المجموعات الأيونية (الوظيفية) مثبتة بشبكة الراتنج عن طريق روابط تساهمية تحدد خواصه الكيميائية. ويتم معادلة الشحنة الكهربية لهذه المجموعات بعدد مكافيء لها من الأيونات ذات الشحنة المضادة، وهذه الأخيرة تكون حرة الحركة(mobile) وهي المسؤولة عن عملية التبادل ،اذ فور خروجها من الراتنج يحل محلها أيونات من المحلول المراد معالجته لها نفس الشحنة.

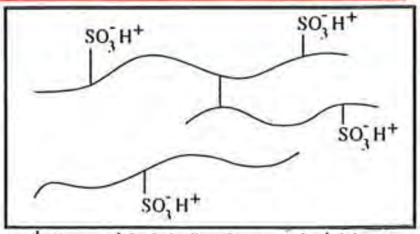
ويمثل شكل (١) شبكة راتنج مبيناً فيها الروابط المتعامدة والمجموعات الوظيفية في حبيبة مبادل عضوي أيوني موجب محتوياً على بوليمرات عديد الأسترين مترابطاً عمودياً بثاني فينيل البنزين ومزوداً بأيونات ذات شحنة سالبة (مجموعات وظيفية) ومتعادلاً بأيونات حرة مضادة مشحونة بشحنة موجبة.

وتنقسم راتنجات التبادل الأيوني تبعاً للخاصية الكيميائية للمجموعات الوظيفية إلى أربع مجموعات رئيسية:

١ـ مبادلات أيونية موجبة قوية الحامضية وتوجد في صورة حامض (H^+) أو ملح مثل (Na^+).



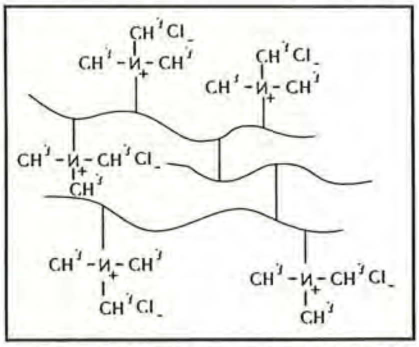
● شكل (١) شبكة راتنج تبين الروابط المتعامدة والمجموعات الوظيفية.



● مبادل أيوني موجب قوي الحامضية في صورة (H^+).

٢ـ مبادلات أيونية موجبة ضعيفة الحامضية وتكون في صورة حامض (H^+)

٣ـ مبادلات أيونية سالبة قوية القاعدية وتكون في صورة الهيدروكسيد (OH^-) أو كلوريد (Cl^-).



● مبادل أيوني سالب قوي القاعدية في صورة (Cl^-).

٤ـ مبادلات أيونية سالبة ضعيفة القاعدية مثل المجموعات المحتوية على مجموعات أمينية (NH_2^-).

تفاعلات التبادل الأيوني

تفهم ظاهرة التبادل الأيوني إذا عرف أن المركبات التي تتأين في المحلول هي فقط التي تدخل في تفاعلات التبادل الأيوني، وعلى سبيل المثال فإن صوديوم راتنج التبادل الأيوني الموجب الذي يعد أيون حر الحركة في الراتنج يحل محل (يتبادل مع) أيونات أخرى لها نفس الشحنة الكهربائية في المحلول. ويمكن تمثيل هذا التفاعل كمايلي:

$$\underset{\text{راتنج}}{R\text{-}SO_3^-.Na^+} + \underset{\text{محلول}}{AgNO_3} \longrightarrow \underset{\text{راتنج}}{R\text{-}SO_3^-.Ag^+} + \underset{\text{محلول}}{NaNO_3}$$

ويستخدم الرمز (R) للدلالة على بنية الراتنج الهيدروكربوني. وحيث أن تفاعلات التبادل هي تفاعلات عكسية فإن ملامسة الراتنج في صورة الفضة لمحلول مركز من نترات الصوديوم يؤدي إلى إعادة الراتنج إلى صورته الأولى قبل عملية التبادل، وهو مايعرف بإعادة تنشيط الراتنج (Regeneration).

التطبيقات الصناعية للراتنجات

تدخل المبادلات الأيونية في كثير من التطبيقات الصناعية من أهمها عمليات التنقية وفصل المواد الكيميائية لإنتاج نوعية كيميائية بمواصفات خاصة تشمل المشروبات، والمواد الكيميائية، والأدوية، والألبان ومنتجاتها، والجيلاتين، والبترول، والسكر، والصناعات التعدينية بإستخلاص المعادن من محاليل خاماتها ومعالجة المخلفات الصناعية والمشعة، وتحضير المحفزات الكيميائية، وفي الطب، وتغذية النبات، وغيرها.

وتعد معالجة المياه بإستخدام المبادلات الأيونية من أهم الموضوعات التي تعالجها هذه المقالة، وهي تتلخص فيمايلي:

● تيسير المياه

بالرغم من أن تيسير المياه بإستخدام المبادلات الأيونية يعد من أقدم التطبيقات على إستغلال ظاهرة التبادل الأيوني، إلا أنه لايزال حتى الآن ذا شأن كبير. وتعتمد إمكانية إستخدام راتنجات التبادل الأيوني في عمليات تيسير المياه على نوعية المياه ـ وعلى وجه الخصوص مجموع الأملاح الذائبة (TDS) ـ ووجود أيونات منافسة، والقاعدية، وتركيز الملوثات و إنتقائية الراتنج للعناصر الملوثة بالمقارنة بأنتقائيته للأيونات الأخرى، وأخيراً إحتمال مرور المياه خلال قنوات داخل الراتنج بدون عملية تبادل، كذلك فإن اختيار طريقة المعالجة تعتمد على متطلبات التخلص من المياه المتخلفة عن دورة إعادة تنشيط الراتنج، وكذلك الراتنج المستهلك نهائياً، خاصة إذا إحتوى على مواد ضارة بالبيئة. ويستعرض الشكل (٢) مكونات محطة معالجة مياه بإستخدام تقنية التبادل الأيوني.

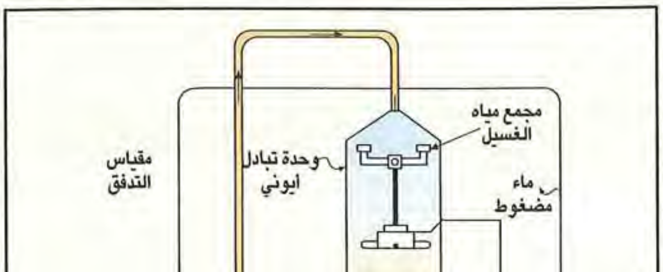
تعد راتنجات التبادل الأيوني الموجب قوي الحامضية في صورة الصوديوم من أشهر الراتنجات المستخدمة في تيسير المياه ويرجع عسر المياه الى احتوائها على تراكيز عالية من أيونات كل من الكالسيوم والمغنيسيوم بجانب أيونات منخفضة التركيز مثل الحديد، الباريوم، الأسترنشيوم، المنجنيز، وتأتي هذه الأيونات في صورة أملاح ذائبة مثل بيكربونات الكالسيوم والمغنيسيوم (عسر كربوناتي) أو أملاح الكلوريدات والكبريتات (عسر لاكربوناتي)، وتصنف المياه المحتوية على أقل من ٧٥ ملجم/لتر مكافيء كربونات كالسيوم بأنها مياه يسر (Soft Water)، بينما تعد المياه المحتوية على أعلى من ١٥٠ ملجم/لتر مكافيء كربونات الكالسيوم مياه عسر (Hard Water).

تتم عملية التيسير باستخدام مبادلات أيونية قوية الحامضية وفقاً للمعادلات التالية:

$$2R - SO_3^- . H^+ + CaCl_2 \rightleftharpoons (R - SO_3^-)_2 Ca^{++} + 2HCl \qquad (١)$$

$$2R - SO_3^- . Na^+ + CaCl_2 \rightleftharpoons (R - SO_3^-)_2 Ca^{++} + 2NaCl \qquad (٢)$$

$$2R - SO_3^- Na^+ + Ca(HCO_3)_2 \rightleftharpoons (R- SO_3^-)_2 Ca^{++} + 2NaHCO_3 \qquad (٣)$$



● شكل (٢) رسم تخطيطي لتقنية التبادل الأيوني.

ففي المعادلة (١) تحل أيونات الكالسيوم الموجودة في المياه العسرة محل أيونات الهيدروجين على الراتنج وتتحول المياه الى حامضية - رقم هيدروجيني منخفض - نتيجة تكون حامض كلوريد الهيدروجين ، وتمثل المعادلتان (٢)،(٣) التفاعلات القياسية لتيسير التبادل الأيوني ، والتي يحل فيها أيوني العسر الأساسيين - إلى جانب Fe^{2+} , Mn^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} كعسر لاكربوناتي ، معادلة (٢) أو عسر كربوناتي معادلة (٣) - محل الصوديوم على الراتنج . ويجري إعادة تنشيط الراتنج المشبع باستعمال زيادة من محلول مركز من حامض كلوريد الهيدروجين أو كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) لكل من راتنجي الهيدروجين والصوديوم ، على الترتيب ، لعكس مسار التفاعلات (١) إلى(٣) من اليمين إلى اليسار .

ومن ميزات راتنجات التبادل الأيوني الموجب قوى الحامضية معالجتها للمياه عند مدى واسع من الرقم الهيدوجيني (١-١٣) ولكن من عيوبها مايلي :

١- زيادة تركيز الصوديوم في المياه المعالجة عند استخدام راتنج في صورة الصوديوم ، مما يؤثر سلباً على طعم المياه ، وعلى مرضى ضغط الدم .

٢- عند استخدام راتنج في صورة هيدروجين فان المياه المعالجة قد تتحول الى حامضية ، ممايجعل لها تأثيراً سلبياً على شبكات نقل وتوزيع المياه .

وتتميز الراتنجات ضعيفة الحامضيةبسعتها العالية بسبب التركيز العالي لمجموعة الكربوكسيلات (Carboxylic group - COO) ، وكذلك حاجتها الضئيلة لمادة إعادة التنشيط مقارنة بالراتنجات قوية الحامضية ، ولكن يعاب على راتنجات مجموعات الكربوكسيل أنها لا تتأين عند رقم هيدروجيني منخفض بل في وسط متعادل الى قلوي، وبالتالي ينحصر استخدامها بفاعلية لإزالة العسر الكربوناتي - معادلة (٤)- وليس العسر اللاكربوناتي كما هو موضح في معادلة (٥) .

$$2R-COOH + Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow (R\text{-}COO^-)_2 Ca^{++} + H_2CO_3 \qquad (٤)$$

$$2R\text{-}COOH + CaCl_2 \longrightarrow (R\text{-}COO^-)_2 Ca^{++} + 2HCl \qquad (٥)$$

ويرجع ذلك إلى أن حامض (HCl) المتكون يتأين تماماً ، وبالتالي يضيف أيون (H^+) الى مجموعة (COO^-) في الراتنج ويمنع إحلال أيونات الكالسيوم (Ca^{2+}) محل أيونات الهيدروجين (H^+) على عكس المعادلة (٤) التي تظهر القدرة على إزالة العسر الكربوناتي بالرغم من تكّون حامض الكربونيك (H_2CO_3) الذي لايتأين بسهولة ، وبالتالي يضيف كميات قليلة جداً من أيونات (H^+) .

وفضلاً عن عدم قدرتها على إزالة العسر اللاكربوناتي فان الراتنجات ضعيفة الحامضية لديها بعض المشاكل ومنها مايلي :

- تمدد حبيباتها اثناء عملية التيسير .
- حاجتها الى استخدام مواد مقاومة للإحماض .
- ضرورة التخلص من غاز ثاني أكسيد الكربون من المياه المعالجة وتعديل رقمها الهيدروجيني.
- تكلفتها العالية .

● إزالة الأيونات السالبة

تعد إزالة القلوية العالية - الكربونات والبيكربونات - والملوثات الأيونية السالبة الأخرى مثل النترات والكبريتات ، وغاز كبريتيد الهيدروجين من المياه إحدى صور المعالجة ، وفي هذا الخصوص يتطلب الأمر استخدام مبادلات أيونية سالبة قوية القاعدية في صورة الكلوريد .

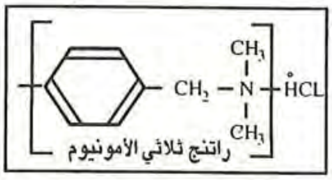
وتحتوى راتنجات التبادل الأيوني السالب قوية القاعدية على مجموعة رباعي الأمونيوم كمجموعة وظيفية حيث تكون الأربع مجموعات المتصلة بذرة النيتروجين مبلمر البنزيل وثلاث مجموعات ميثيل أو يمكن أن تحل مجموعة الأيثانول($-C_2H_4OH$) محل أحد مجموعات الميثيل . وتعادل المجموعة الوظيفية بأيون هيدروكسيد (OH^-) أو كلوريد (Cl^-) . يعد هذا النوع من الراتنجات عالي التأين ويمكن إستخدامه على المدى الكامل من الرقم الهيدروجيني (١-١٤) ، وعلى سبيل المثال تتم إزالة النترات من مياه الشرب ، كما في المعادلتين التاليتين :

$$R-N^+.OH^- + NaNO_3 \longrightarrow R-N^+.NO_3^- + NaOH \qquad (٦)$$

$$R-N^+.Cl^- + NaNO_3 \longrightarrow R-N^+.NO_3^- + NaCl \qquad (٧)$$

ففي معالة (٦) تتأين الصودا الكاوية تماماً ، ولكن بما أن المجموعة الوظيفية (رباعي الأمونيوم) لها رغبة ضعيفة لأيونات (OH^-) ، فإن التفاعل يتجه إلى اليمين دائماً . وتمثل المعادلة (٧) تفاعل تبادل أيوني بدون تغير في قيمة الرقم الهيدروجيني للوسط . وقد لوحظ أن كل راتنجات التبادل الأيوني السالب قوي القاعدية تبدي رغبة عالية جداً للنترات مقارنة بالكلوريدات عند قيم متعادلة للرقم الهيدروجيني ، وبالتالي يتجه التفاعل إلى اليمين .

من جانب آخر تعد راتنجات التبادل الأيوني السالب ضعيف القاعدية مفيدة فقط في الوسط الحامضي ، حيث تتكون المجموعة الوظيفية من الأمين الأولي ،أو الثانوي ، أو الثلاثي ومثالاً على ذلك راتنج ثلاثي الأمونيوم:



حيث ترتبط المجموعة الوظيفية بأيون الهيدروجين وبالتالي تعمل كمواقع تبادل مشحونة موجبة لإلتقاط الأيونات السالبة ، ويتميز هذا النوع من الراتنج بأن له القدرة على إدمصاص أيونات ا لكلوريد في صورة حامض كلوريد الهيدورجين ، وبالتالي يخفض من مستوى الأملاح الذائبة في المياه ، معادلة (٨) أدناه :

$$R-N: + HCl \longrightarrow R-NH^+Cl^- \qquad (٨)$$

ويحدث التبادل الأيوني عندما يكون المحلول حامضياً بإحلال النترات محل الكلوريدات على الراتنج ، معادلة (٩) :

$$R\text{-}N.H^+Cl^- + HNO_3 \longrightarrow R-N.H^+NO_3^- \; HCl \qquad (٩)$$

إما اذا كان المحلول متعادلاً أو قلوياً فان التبادل الايوني لايحدث على الاطلاق ، تفاعل (١٠) .

$$R-N: + NaNO_3 \longrightarrow \text{لا تفاعل} \qquad (١٠)$$

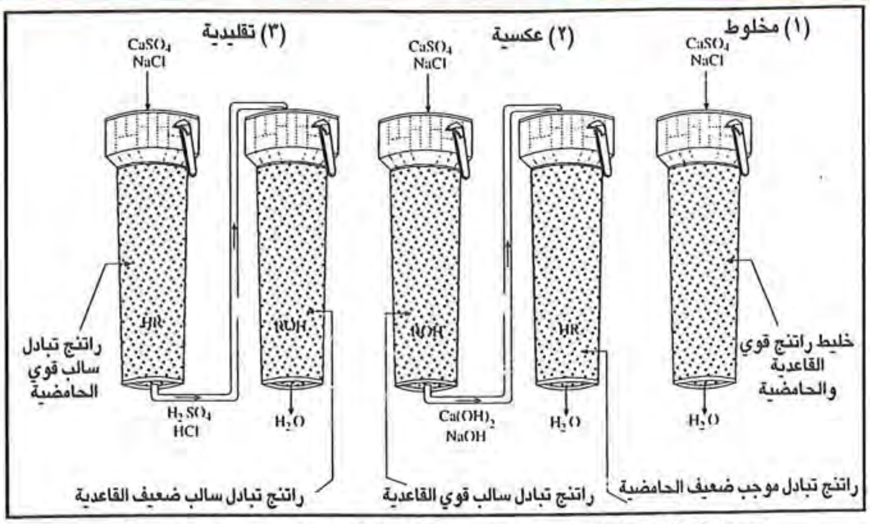
وبالرغم من أنه لايوجد تطبيق عملي - في ا لوقت الحالي - على راتنجات التبادل الأيوني السالب ضعيف القاعدية في معالجة مياه الشرب إلا انه من المتوقع أن

تكون هناك بعض التطبيقات المفيدة ، حيث أنها تتمتع بسهولة إعادة التنشيط كاملاً بإستخدام حتى القواعد الضعيفة مثل الجير [$Ca(OH)_2$] .

● إزالة الأيونات من المياه

يعد إنتاج المياه النقية (Pure) أو فائقة النقاوة (Ultra Pure) من الاستخدامات التجارية الهامة للراتنجات . وفي هذه التقنية تزال جميع الأيونات الموجودة في المياه من أجل استخدامها في المختبرات مثلاً حيث أن ازالة كل الأيونات ليست مطلوبة في معالجة مياه الشرب .

وتوجد ثلاثة طرق لإزالة الأيونات باستخدام راتنجات التبادل الأيوني وتختلف تلك الطرق باختلاف الراتنجات المستخدمة وطريقة التبادل الأيوني وذلك حسب ماهوموضح في شكل (٣):



● شكل (٣)راتنجات التبادل الأيوني المختلفة (مخلوط ، عكسية ، تقليدية).

● راتنجات خاصة للمعالجة

تعددت وتطورت تقنيات راتنجات التبادل الأيوني حيث أصبح من اليسير الحصول على راتنجات لإزالة البكتيريا من المياه ، وكذلك راتنجات تعقيم، وذلك باستخدام سلاسل طويلة من رباعي الأمينات كمجموعات وظيفية لراتنجات التبادل الأيوني السالب التي تعمل على قتل البكتيريا فور ملامستها لسطح الراتنج .

كذلك تم استغلال التجاذب القوي بين الأيونات السالبة للمواد العضوية المتحللة في المياه - مثل الهيومات والفلفات (Humates & Vulvates)عديدة التكافؤ - وراتنجات التبادل الأيوني السالب كتقنية جديدة لإزالة المواد العضوية من المياه باستخدام حبيبات ذات مسامات كبيرة.

من جانب آخر أمكن تصنيع راتنجات تحتوى على مجموعات وظيفية مخلبية (Chelates) مثل: حامض الفوسفور ، وحامض ثنائي أثيلين رباعي الخليك (Ethylene Diamine Tetra Acetic Acid) لما تتميز به من قدرة عالية جداً لإزالة ايونات العسر ، وكذلك أيونات الرصاص والنحاس والزنك والكروم والنيكل وغيرها .

● نظم تبادل أيوني جديدة

لم يقتصر تطوير الراتنجات على ماذكر سابقاً ، بل تعداه إلى إنتاج راتنجات يمكن استخدامها لمعالجة المخلفات الصناعية ومخلفات الصرف الصحي باستخدام راتنجات التبادل السالبة والموجبة معاً ، وتتميز هذه الراتنجات بمقدرتها على تكوين أملاح البيكربونات من المحاليل المحتوية على غاز ثاني أكسيد الكربون فضلاً عن ازالة أيون الكلوريد .

وتشتمل خطوات الإزالة - الكربونات والكلوريدات - باستخدام وحدات ثلاثة تعمل كما يلي :

الوحدة الأولى : تحتوي على مبادل ايوني سالب ضعيف القاعدية في صورة بيكربونات يعمل على تحويل الأيونات الموجبة في المياه إلى بيكربونات الصوديوم والكالسيوم والمغنيسيوم .

$$(R\text{-}NH^+)HCO_3^- + NaCl \longrightarrow (R\text{-}NH^+)Cl^- + NaHCO_3$$

الوحدة الثانية : وتعمل على إزالة القلوية بوساطة راتنج أيوني موجب ضعيف الحامضية بتحويل املاح البيكربونات الى حامض الكربونيك .

$$R\text{-}COO^-.H^+ + NaHCO_3 \longrightarrow R\text{-}COONa + CO_2 + H_2O$$

الوحدة الثالثة : وتحتوى على راتنج أيوني سالب ضعيف القاعدية في صورة قاعدة حرة لامتصاص حامض الكربونيك من مياه الوحدة الثانية .

$$R\text{-}N: + H_2O + CO_2 \longrightarrow (R\text{-}NH)HCO_3$$

وعند اكتمال تشبع الراتنجات يتم تنشيط وحدة تكوين القلوية (الأولى) إلى قاعدة حرة باستخدام النشادر أو الصودا الكاوية أو الجير :

$$(R\text{-}NH^+)Cl^- + NH_3 \longrightarrow (R\text{-}N:) + NH_4Cl$$

ويتم تنشيط الوحدة الثانية بحامض الكبريت أو كلوريد الهيدروجين أوالنيتروجين .

$$2R\text{-}COONa + H_2SO_4 \longrightarrow 2R\text{-}COOH + Na_2SO_4$$

يتم تنشيط الوحدة الثالثة بعكس سريان المياه في الدورة التالية لتصبح الوحدة الثالثة وحدة تكوين القلوية (الثانية) وتصبح الاولى وحدة تكوين للكربونات .

تقنية التبادل الأيوني بالمملكة

تعتمد مدن المنطقة الوسطى بالمملكة على المياه الجوفية اعتماداً كلياً ما عدا مدينة الرياض التي يأتي ثلث احتياجها من مياه الشرب من المياه الجوفية . وتصل مستويات العسر في بعض تلك المناطق إلى أكثر من ٩٠٠ ملجم/لتر، وبالتالي تجرى عمليات التيسير على تلك المياه بإستخدام الجير ورماد الصود فضلاً عن استخدام تقنية التبادل الأيوني التي تستغل في المنازل والتجمعات السكانية الصغيرة ومصانع انتاج المياه المعبأة لسد الحاجة بالمياه الصالحة للشرب ، وحالياً تطبق تقنية التبادل الأيوني الموجب قوي الحامضية وسالب قوى القاعدية لتزويد مختبرات **مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية** بمصدر مستمر من المياه الخالية من الأيونات .

الجديد في العلوم والتقنية

الخفافيش وفيروس الإيبولا

يعرف الأشخاص الذين يحتفظون بالحيوانات الأليفة مدى الخطر الذي يتعرضون له من جراء محاولة تطعيم حيواناتهم الهائجة - مثل الكلاب والقطط - ضد الأمراض الفتاكة، فكيف يكون الحال عند التعامل مع حيوانات أخرى تحيط بالإنسان مثل الثعابين، والزواحف والخفافيش وغيرها، حيث أنها قد تكون عائلاً وحاملاً لأمراض خطيرة - بكتيرية وفيروسية وغيرها - تعرض حياته للخطر.

قام العالم **روبرت سوانبويل** (Robert Swanepael) ومجموعته في المعهد الوطني لعلم الفيروسات بجنوب أفريقيا بمغامرة علمية أظهرت للمرة الأولى أن الخفافيش سليمة الصحة يمكنها أن تكون عائلاً لفيروس مرض الإيبولا القاتل.

ويحذر **توماس كزيازك**(Thomas Ksiazek) أحد أعضاء الفريق من احتمال وجود كائنات أخرى لها نفس الخاصية في حمل هذا الفيروس و فيروسات أخرى أو أنواع من البكتيريا تسبب أمراض أخرى غير مرض الإيبولا، ويضيف العالم المذكور أن الخفاش ربما يكون الحيوان الذي تشير إليه أصابع الاتهام في ظهور مرض الإيبولا لأول مرة في يامبوكوب بجمهورية الكنغو الديمقراطية - زائير سابقاً - عام ١٩٧٦م.

وقد أثار ظهور المرض الغريب دهشة الناس رغم محدودية عدد المصابين آنذاك - أقل من ٥ آلاف شخص على مستوى العالم - بسبب شراسته حيث أن المصابين به يشعرون بألم شديد يفقدهم صوابهم ويتعرض حوالي ٦٠٪ - ٩٠٪ منهم للموت بسبب نزيف الدم الذي يخرج من أي فتحة موجودة في أبدانهم.

ومن المدهش والمؤلم في نفس الوقت أن مصدر الفيروس لم يكن معروفاً آنذاك، ومتى أصاب الجسم، فضلاً عن الجهل بكيفية التعامل الطبي مع الأشخاص الذين تعرضوا للمرض وكتبت لهم الحياة أو الذين لم يتعرضوا للإصابة.

ويذكر **بيتر جاهرلنج** (Peter Jahrling) من مركز بحوث الأمراض الوبائية بالحربية الأمريكية بولاية ماريلاند الأمريكية أن الدراسة المذكورة تتفق مع ماهو معلوم عن وباء الإيبولا. ويضرب **جاهرلنج** مثالاً بما حدث بمدينة أنزارا بالسودان عامي ١٩٧٦ و ١٩٧٩م حيث اتضح أن وجود آلاف الخفافيش التي تقطن داخل أسقف مصنع القطن بالمدينة المذكورة كان سبباً في انتشار الوباء بين العمال الذين كانوا يغتسلون داخل أروقة المصنع، ويضيف **جاهرلنج** مثالاً آخر لتفشي مرض الإيبولا بسبب وجود عدد كبير من الخفافيش في كهف كيتوم بيوغندا.

ويعمل فريق البحث لمعرفة كائنات أخرى قد تكون السبب في تفشي المرض في ساحل العاج حيث اتضح انتشاره في أحد الغابات بين الشمبانزي والإنسان.

مما يجدر ذكره أنه من الصعب معرفة الموطن الطبيعي لمرض الإيبولا لعدة أسباب منها أن ظاهرة تفشيه بصورة وبائية نادرة الحدوث - ثمان مرات حتى الآن - وأن انتشاره يحدث في أماكن بعيدة جغرافياً عن بعضها البعض فضلاً عن وعورة الطرق في الغابات والمستنقعات الأفريقية التي ينتشر بها.

ورغم أن الأبحاث المتعلقة بهذا المرض تبدو صعبة للغاية للأسباب المذكورة إلا أن تفشي المرض بصورة وبائية - أصاب ٣١٥ شخصاً ومات ٣٠٠ منهم - في ١٩٩٥م بمدينة كيكويت (Kikwit) بالكنغو الديمقراطية كان فرصة للعلماء لمعرفة أين يكمن فيروس هذا المرض.

قام العلماء في مركز بحوث الأمراض الوبائية بالحربية الأمريكية ومركز جنوب أفريقيا فور حدوث وباء كيكويت عام ١٩٩٥م المذكور بفحص الكائنات الموجودة في المنطقة. وقد شملت هذه الكائنات ٢٥٠٠ من الثدييات أغلبها من القوارض، و ٣٦٠٠٠ من الحشرات، إضافة إلى ٥٠٠ من الحيوانات الأخرى من ضمنها الثعابين.

ورغم أن نتائج الفحوصات لهذا العدد الهائل من الكائنات لم تكتمل حتى الآن، إلا أن النتائج المتوفرة لم تُظهر أي علاقة بين الكائنات التي تم فحصها وانتشار فيروس الإيبولا.

وتتجه مجموعة علماء جنوب أفريقيا اتجاها آخر يتلخص في فصل عدد من الكائنات في المختبر - حشرات، وطيور، وخفافيش، وزواحف، وقوارض، ونباتات - وتعريضها لفيروس الإيبولا. وقد أظهرت النتائج مقدرة الخفافيش فقط على حمل الفيروس دون أن تظهر عليها علامات المرض.

وقد أشارت الدراسة المذكورة إلى أن الجهاز المناعي للخفافيش لم يؤثر فيه وجود الفيروس حيث أن هناك خفاش واحد فقط من المجموعة أنتج جهازه المناعي أجسام مضادة للفيروس. وعليه فإن الفيروس يبقى نشطاً مع العائل - الخفاش - دون أن يؤثر في صحته، وبالفعل فقد وجد الباحثون فيروس الإيبولا حياً في فضلات الخفافيش، مما قد يجعل من تلك الفضلات مصدراً لانتقال الفيروس للحيوانات الأخرى.

وعلى الرغم من أن دراسة أخرى أشارت إلى أن بعض المرضى قد أصيبوا بمرض الإيبولا من قرود مصابة، إلا أن القرود بوجه عام لا تعد عائل دائم لفيروس الإيبولا لأن المرض قد يفتك بالقرود أيضاً، وعليه فيمكن النظر إلى القرود بأنها قد تكون حلقة وصل للاصابة بالمرض، وليس عائلاً للفيروس مثل الخفافيش.

المصدر :

Science News, Vol. 150, Nov. 1996, P. 294

تقنية التناضح العكسي

أ.د. إبراهيم صالح المعتاز

تعتمد تقنية تحلية المياه بالتناضح العكسي (Reverse Osmosis) على فصل الأملاح عن المياه دون إحداث أي تغير في حالتها الطبيعية (الفيزيائية) ، حيث تفصل الأملاح باستخدام أغشية شبة منفذة تسمح - من خلالها - بمرور جزيئات الماء صغيرة الحجم ، ولاتسمح بمرور جزيئات الأملاح كبيرة الحجم نسبياً .

يشيع استخدام تقنية التناضح العكسي في تحلية المياه الجوفية ومياه البحر ، وتلاقي هذه العملية إقبالاً عالمياً متزايداً - في الفترة الأخيره - نظراً لسهولة تشغيلها وانخفاض تكاليفها إضافة إلى التقدم المستمر في إنتاج أغشية التناضح العكسي الفعَّالة . وقد بلغت نسبة محطات تحلية المياه العاملة بهذه التقنية نحو ٣٠٪ من إجمالي عدد محطات تحلية المياه في العالم .

كانت البدايات المعملية الأولى لتحلية المياه بالتناضح العكسي عام ١٩٥٣م ، تلى ذلك تطوير أغشية خلات السيليلوز (Celluse Acetates) في جامعة كاليفورنيا في لوس أنجلوس عام ١٩٦٠م ، وشهد عام ١٩٦٥م ظهور وحدات تنقية المياه بالتناضح العكسي بشكل تجاري في الأسواق ، وقد مرت صناعة تحلية وتنقية المياه بهذه الطريقة بقفزة كبيرة بعد توفر وحدات التناضح العكسي ذات الألياف الدقيقة المجوفة والوحدات ذات اللف الحلزوني بشكل تجاري عام ١٩٧٦م .

آلية التناضح العكسي

يمكن توضيح آلية التناضح العكسي فيما يلي :

عند وضع ماء يحتوى على تركيز ملحي مخفف ، وآخر يحتوى على تركيز ملحي مرتفع في إناء يفصل بينهما غشاء شبه منفذ ، شكل (١) ،فإن الماء ينتقل من خلال ذلك الغشاء تاركاً الأملاح خلفه .

يشكل اختلاف تركيز المياه في المحلولين قوة دافعة تعمل على انتقال الماء من الجزء عالي التركيز بالمياه (ماء نقي) إلى الجزء قليل التركيز بها (ماء مالح) . وقد لفتت هذه الظاهرة انتباه الكيميائي الفرنسي **أب نوليت** (**Abbe Nollet**) ، عام ١٧٤٨م ، الذي لاحظ استمرار انتقال المياه خلال الغشاء شبه المنفذ حتى الوصول إلى حالة الاتزان الطبيعية التي تقضي بتساوي التركيز على جانبي الغشاء ، وطبقاً لذلك فإن الماء ينتقل من المحلول ذي التركيز المنخفض من الأملاح (عالى تركيز المياه) إلى المحلول المواجه له ذي التركيز المرتفع من الأملاح وذلك لتخفيفه مع ارتفاع عامود المياه في جهة المحلول شديد الملوحة . وعند توقف سريان المياه خلال الغشاء والوصول إلى حالة الاتزان ، يُعبِّر إرتفاع عامود المياه ، شكل (١- ب) عن الضغط التناضحي أو الأزموزي (Osmatic Pressure) الذي يعرف بأنه القوة الدافعة لإنتقال الماء وتحركه خلال الغشاء .

أفادت البحوث العلمية في هذا المجال أن أقل ضغط يلزم استخدامه للبدء في ترشيح مياه البحر القياسية - خلال أغشية التناضح العكسي - هو ٢٤٫٨ ضغط جوي (٣٦٥ رطل / بوصة المربعة) ، ويعتمد ذلك على تركيز الأملاح الموجودة في المياه المعالجة ، وعلى درجة حرارتها ، ويبين الجدول (١) ، كمية الأملاح والضغط التناضحي لعينات مختلفة من المياه الجوفية

نوع المياه	كمية الأملاح (ملجم/ لتر)	الضغط التناضحي		
		ضغط جوي	رطل/بوصه٢	كجم/ سم٢
مياه جوفيه (١)	١٥٠٠	٠,٩٩	١٤,٥	١,٠٢
مياه جوفيه (٢)	٥٠٠٠	٢,٩٦	٤٣,٥	٣,٠٦
مياه جوفيه (٣)	١٢٠٠٠	٦,٩١	١٠١,٥	٧,١٤
مياه بحر (١)	٣٥٠٠٠	٢٢,٧٠	٣٣٣,٥	٢٣,٤٥
مياه بحر (٢)	٥٠٠٠٠	٣٦,٥٠	٥٣٦,٥	٣٧,٧٢

جدول (١) الضغط التناضحي لعينات من المياه الجوفية ومياه البحر

شكل (١) آلية تقنية التناضح العكسي.

ومياه البحر، وتعطي المعادلة الموضحة أدناه قيمة تقريبية للضغط التناضحي(π) بالرطل على البوصة المربعة بدلالة كل من تركيز الاملاح (C) بالملجم /لتر ، ودرجة الحرارة (t) معبراً عنها بالدرجة المئوية .

$$\pi = \frac{0.0385C(t + 275)}{1000 - \frac{C}{1000}}$$

وعند تكرار العملية السابقة بنفس المحلولين السابقين، شكل (١) مع جعل ضغط المحلول المركز (شديد الملوحة) مساوياً للضغط التناضحي (الأزموزي) الذي تم حسابه في الجزء السابق من التجربة، فإن جزيئات الماء في هذه الحالة لن تتحرك بسبب تساوي القوتين المؤثرتين على ناحيتي الغشاء، إذ أن فارق تركيز الماء سيعمل على دفع جزيئات الماء إلى ناحية المحلول المركَّز بضغط يساوي الضغط الأزموزي، في حين أن الضغط الموجود على المحلول المركَّز والمساوي للضغط التناضحي (الأزموزي) سيوقف تحرك جزيئات الماء وذلك لتساوي الضغطين على جانبي الغشاء .

ومع زيادة الضغط التناضحي على المحلول الملحي المركز تنشأ قوة دافعة تؤدي إلى إنتقال الماء منه إلى المحلول ذي التركيز المخفف، شكل (١-ج) ،مع ارتفاع معدل إنتقال الماء بزيادة الضغط، وبالتالي تنتقل جزيئات ا لماء من المحلول الملحي المركز إلى المحلول المخفف، وهذا عكس مايحدث طبيعياً أو تلقائياً عند وجود هذين المحلولين على جانبي الغشاء، ولذا يسمى التناضح في هده الحالة بالتناضح العكسي.

وهناك عدة عوامل تؤثر في عملية فصل الماء عن الأملاح بالتناضح العكسي، وعلى كمية المياه المنتجة بهذه التقنية . ويمكن توضيح هذه العوامل وفقاً للمعادلة التالية :

$$Fw = Kw\ (\Delta P - \Delta\pi)\ A/X$$

حيث

(F_W) : معدل إنتاج المياه ،.

(K_W) : عامل نفاذية الغشاء المستخدم للماء ،

(ΔP) : الزيادة في ضغط الماء المالح.

(Δπ) : مقدار الضغط الأزموزي للمياه المالحة .

(A) : مساحة الغشاء المستخدم .

(X) : سمك الغشاء المستخدم .

ويمكن حساب معدل خروج الأملاح خلال الغشاء وفق المعادلة التالية :

$$F_S = K_S\ (C_f - C_p)$$

حيث

(F_S) : معدل تسرب الأملاح .

(K_S) : عامل نفاذية الأملاح خلال الغشاء المستخدم .

(Cp) : تركيز الأملاح في المياه المنتجة المحلاة .

(C_f) :تركيز الأملاح في المياه المالحة الداخلة .

يمثل حاصل قسمة كمية المياه المنتجة (Fw) على كمية المياه المالحة الداخلة لعملية التناضح العكسي نسبة التحويل أو الاسترجاع، وهي عادة تتراوح بين ٤٥٪ الى ٨٥٪ أو أكثر قليلاً . وكذلك تمثل قسمة تركيز الأملاح(F_S) في المياه المنتجة على تركيز الأملاح في المياه المالحة الداخله لعملية التناضح العكسي نسبة مرور الأملاح . ولهذين العاملين (نسبة التحويل، ونسبة مرور الأملاح) أهمية كبرى في متابعة تشغيل وحدات التناضح العكسي، ويجب الحرص على ثبات نسبة التحويل عند قيم عالية، والتأكد من عدم تجاوز نسبة مرور الأملاح لحدود قليلة معينة، وفيما عدا ذلك يجب إيقاف أجزاء من وحدات التناضح العكسي لتنظيف الأغشية أو استبدالها.

محطات التناضح العكسي

تتكون محطات تحلية المياه بالتناضح العكسي من ثلاثة أجزاء رئيسة هي وحدات المعالجة الأولية، ووحدات التناضح العكسي، ووحدات المعالجة النهائية، ويمكن توضيحهم على النحو التالي :

● وحدات المعالجة الأولية

تعد وحدات المعالجة الأولية جزءً هاماً في محطة التناضح العكسي لأنها تؤثر بشكل كبير على كفاءة وحدات التناضح العكسي، وذلك لاستحالة إدخال الماء الخام مباشرة إليها حيث قد تتأثر الأغشية المستخدمة فيها بكثير من العوالق والمواد الكيميائية والإحيائية الموجودة بهذه المياه . بل إن كثيراً من الأغشية تتطلب نوعية معينة من المياه قبل دخولها إلى وحدات التناضح العكسي، ويتم الحصول على هذه النوعية من خلال وحدات المعالجة الأولية .

يتم في وحدات المعالجة الأولية إزالة المواد العالقة، وإزالة عسر المياه، وفصل المواد العضوية، وبعض المواد غير العضوية، وإزالة الكائنات الحية مخافة مهاجمتها لأغشية التناضح العكسي . وتحتوى المياه على بعض الملوثات الهوائية الذائبة، كما أنها تحمل معها المعادن المختلفة كالسيليكا والكالسيوم والمغنيسيوم والحديد وغيرها إضافة إلى الجسيمات العالقة والبكتيريا .

تهدف عمليات المعالجة الأولية إلي المحافظة على بقاء أغشية التناضح العكسي سليمة لفترة طويلة مع رفع قدرتها وذلك بإزالة المواد العالقة والبكتيريا والمواد سريعة الترسيب والمواد الغروية وغيرها .

وتشتمل وحدات المعالجة الأولية على عمليات تيسير (إزالة العسر) المياه ثم التخثير ثم الترشيح . ويتم إزالة عسر المياه والمواد العالقة والمواد الأخرى المذكورة أعلاه على النحو التالي :

* **إزالة المواد العالقة :** ويتم ذلك بالتخثير والترشيح، وتهدف عملية التخثير الى تسهيل ترسب وترشيح المواد العالقة صغيرة الحجم باستخدم بعض المواد الكيميائية مثل الشب (كبريتات الألمنيوم) وكلوريد الحديد، يلي ذلك فصل المواد العالقة في المرشحات المختلفة .

* **إزالة عسر المياه:** وذلك بإضافة الجير ورماد الصودا، لمنع ترسب أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم التي تتميز بقابليتها الشديدة للترسب على أغشية التناضح العكسي .

* **خفض تركيز المواد غير العضوية ويتم ذلك بعدة وسائل هي :-**

- تهوية المياه الخام الداخلة لأكسدة هذه المواد فيسهل ترسيبها .

- إضافة مواد مؤكسدة مثل بيرمنجنات البوتاسيوم أو الأوزون أو الكلور .

- إضافة مواد مثل فوسفات الصوديوم السداسية لإزالة أملاح الحديد التي يمكنها الترسب على الأغشية متسببة في منع سريان المياه من خلالها .

* **إزالة المواد العضوية :** وتتم باضافة الكربون المنشط، وبعض البولمرات، كما يستخدم الكلور لأكسدة المواد العضوية والقضاء على الكائنات الحية، غير أنه يلزم إزالة الكلور الزائد قبيل دفع المياه لوحدة التناضح العكسي، نظراً لأن كثيراً من أغشية التناضح العكسي تتأكسد بالكلور

وتقل فاعليتها .

من الجدير بالذكر أن المواد العالقة والأملاح المختلفة لا تُزال واحدة تلو الأخرى بعمليات منفصلة بل قد يتم خفض تراكيز أكثر من مادة في عملية واحدة ، فقد تخدم العمليات المذكورة أعلاه في وحدات المعالجة الأولية أكثر من غرض واحد في نفس الوقت .

• وحدات التناضح العكسي

تتميز وحدات التناضح العكسي ـ مقارنة بطرق التحلية الحرارية مثل التقطير الومضي أو التقطير متعدد المراحل ـ بمزايا عديدة من أهمها مايلي :

ـ انخفاض استهلاك الطاقة المستخدمة .

ـ إنعدام مشاكل التآكل وإنخفاض كميات الترسبات.

ـ قصر الوقت اللازم لإنشائها .

ـ سهولة تشغيلها وصيانتها.

ـ قلة تكلفة إنتاج المياه العذبة .

تتكون وحدة التناضح العكسي من مضخة ضغط مرتفع ـ مضخة طرد مركزي أو مضخة إحلال موجب ـ وأغشية وأجهزة تحكم وتوزيع .

يتراوح ضغط المياه الداخلة لأغشية التناضح العكسي بين ١٧ إلى ٣٠ ضغط جوي (٢٥٠ إلى ٤٠٠ رطل على البوصة المربعة) للمياه الجوفية (مياه الآبار) ، وبين ٤٥ إلى ٧٠ ضغط جوي (٨٠٠ إلى ١٠٠٠ رطل على البوصة المربعة) لمياه البحر ، وتستهلك وحدات التناضح العكسي حوالي ٥ر٣ إلى ٣ر٤ كيلووات ساعة لكل طن متري من الماء (١م٣ وزناً من الماء) لمياه الآبار وحوالي ٥ر٨ إلى ٢ر١٠ كيلووات ساعة لكل طن متري من الماء المنتج لمياه البحر .

* **أغشية التناضح العكسي :** وتستخدم للتعامل مع المياه الجوفية ، أو مياه البحار ، ويصنع منها عدة أنواع أهمها مايلي :

ـ **أغشية رقائق عديد الأميد أو خلات السيليلوز :** وتمتاز الأولى بمقاومتها للبكتيريا ، في حين تمتاز الثانيه بمقاومة عالية للكلور ، ومدى جيد للرقم الهيدروجيني يتروح بين ٢ إلى ٨ .

ـ **أغشية السيليلوز المعدلة :** وتمتاز بقدرة عالية على حجز الأملاح تصل إلى ٩٩ ٪ ، مع إرتفاع في معدل ترشيح (نفاذية) المياه العذبة يقدر بنحو ٦ إلى ١٢ لتر من الماء العذب في اليوم لكل متر مربع من مساحة الغشاء ولكل ضغط جوي واحد زيادة على ضغط التناضح .

ـ **أغشية مركبة :** وتمتاز بقدرة كبيرة على مقاومة الكائنات الحية الدقيقة (البكتيريا) ، وتعمل عند مدى واسع من الرقم الهيدروجيني يتراوح عادة فيما بين من ٢ إلى ١٢ .

* **أنظمة أغشية التناضح العكسي :** وتأتي على عدة أشكال أهمها :

ـ **أغشية أسطوانية :** وهي سهلة التنظيف غير أن أحجامها كبيرة مقارنة بالمساحة السطحية المتاحة لانتقال الماء .

ـ **أغشية اللف الحلزوني :** وتتكون من طبقتين من الأغشية شبه المنفذة يفصل بينهما طبقة من النايلون أو عديد الإستر ، وتُلف هذه الطبقات الثلاثة حول أنبوب

• شكل (٢) نموذج لأغشية اللف الحلزوني .

مسامي لتجميع المياه المنتجة ، ويبين الشكل (٢) نموذجاً للأغشية ذات اللف الحلزوني .

ـ **أغشية الألياف الدقيقة المجوفة :** ويصل القطر الخارجي للغشاء المجوف الواحد الى حوالى ٨٥ ميكرون (مايقارب شعرة الرأس) ، بينما يصل قطرها الداخلى إلى حوالي ٤٢ ميكرون ، ويبين الشكل (٣) نموذج لأغشية الألياف الدقيقة المجوفة .

تمتاز الأغشية ذات اللف الحلزوني ، وأغشية الألياف الدقيقة المجوفة ـ مقارنة

• شكل (٣) نموذج للألياف الدقيقة المجوفة .

نوع الغشاء	معدل السريان (متر٣/متر٢/يوم)	المساحة / الحجم (متر٢ / متر٣)
اللف الحلزوني	٠,٦–١,٢	٣٠٠
الألياف الدقيقة المجوفة	٠,١٢–٠,٨	٥٠٠٠

جدول (٢) معدل سريان المياه والمساحة المتاحة لبعض الأغشية

بالأغشية الاسطوانية ـ بصغر حجمها الكلي ، وبنسبة عالية من المساحة السطحية المتاحة لإنتقال الماء ، جدول (٢)، وقد توفرت وحدات التناضح العكسي ذات الألياف الدقيقة المجوفة والوحدات ذات اللف الحلزوني بشكل تجاري منذ عام ١٩٧٦م ، وقد أمكن انتاج وحدات منها يمكنها ترشيح نحو ٢٠ متراً مكعباً من الماء العذب باستخدام ضغط يتراوح بين ٥٠ إلى ٧٠ ضغط جوي .

• وحدات المعالجة النهائية

يتمثل الدور الأساس لوحدات المعالجة النهائية (المعالجة اللاحقة) في تعديل نوعية المياه المنتجة لتلائم الاستعمال المطلوب وذلك من خلال ضبط الرقم الهيدروجيني ، وتطهيرها من الكائنات الحية الدقيقة ، وتعقيمها ، وضبط الأملاح وذلك كمايلي :

* **تعديل الرقم الهيدروجيني :** حيث تتراوح قيمته بين ٥ إلى ٥ر٦ في المياه الناتجة من وحدة التناضح العكسي ، وهي قيمة غير مناسبة لكثير من الاستعمالات المطلوبة ، ولذا يتم تعديلها لتتراوح بين ٥ر٦ إلى ٥ر٨ لمياه الشرب ، وأقل من ٥ لمياه الري ، وأكثر من ٨ لمياه الاستعمالات الصناعية .

* **التطهير والتعقيم :** ويتم بإضافة الكلور أو الأوزون لمنع تكاثر الكائنات الحية من بكتيريا أو فيروسات .

* **ضبط الأملاح :** ويتم من خلال تعديل التركيز الكلي للأملاح الذابة في حدود ٥٠٠ جزء في المليون حتى يكون الماء ملائماً للشرب .

التناضح العكسي في المملكة

بدأ استعمال وحدات التناضح العكسي في المملكة العربية السعودية منذ سنوات عديدة على شكل وحدات صغيرة ـ ذات

تعد عملية ترشيح المياه القاسم المشترك في معظم محطات معالجة وتنقية المياه، حيث يتم من خلالها إزالة الجسيمات الدقيقة العالقة بالمياه ـ مثل الطفلة (Clay)، والغرين (Silt)، وجسيمات المواد الغروية والعضوية الطبيعية، ورواسب أملاح العناصر الناتجة عن عمليات التخثير، والكائنات الحية المجهرية ـ التي يصعب إزالتها بعملية الترسيب بسبب دقة حجمها (من ٠,١ ملم إلى أقل ٠,٠٠١ ملم)، وطول الفترة الزمنية اللازمة لترسيبها ـ تتراوح، بين ٣٣ دقيقة إلى أكثر من ٦٠ عاماً ـ دون إضافة مواد كيميائية مخثرة.

تهدف عملية الترشيح ـ بالإضافة إلى الحصول على مياه صافية نقية ذات طعم ورائحة مقبولين ـ إلى التخلص من الجسيمات العالقة بالمياه التي يتسبب وجودها في زيادة جرعات المواد المطهرة بسبب أن الأجسام العالقة تحمي الكائنات الحية المجهرية من تأثيرات تلك المطهرات.

آليــة الترشيــح

تعتمد آلية ترشيح المياه على عدة عوامل مختلفة هي الخواص الفيزيائية والكيميائية للشوائب، ووسط المرشح، ومعدل الترشيح، والخواص الكيميائية للمياه الخام. وتتم عملية إزالة الشوائب من خلال عدة آليات هي :ـ

١ـ الحجز (Straining) : ويتم على سطح وسط المرشح.

٢ـ الترسيب (Sedimentation) : ويتم في الفراغات الموجودة بين حبيبات وسط المرشح.

٣ـ الانتقال (Transport) : وتؤدي إلى اقتراب الجسيمات الصلبة ـ خاصة الدقيقة منها ـ من السائل إلى الفجوات القريبة من أسطح حبيبات الوسط المسامي. وتتضمن هذه الآلية ترسيب الجسيمات الصلبة تحت تأثير الجاذبية، والتقاط الجسيمات أثناء مرورها، والديناميكا الهيدروليكية التي ترتبط بخواص تلك الجسيمات من حيث كثافتها ومقاساتها، وشكلها.

٤ـ الالتصاق(Attachment) : ويحدث عند اقتراب الجسيمات الصلبة من سطح حبيبات وسط المرشح حيث تبدأ قوى سطحية قصيرة المدى في التأثير على حركة الجسيم، وفي حالة عدم استقراره بدرجة كافية ـ بحيث تصل قوى التنافر الساكنة (Repulsion Forces) عند حدها الأدنى ـ فإن التصادم بين الجسيم وسطح الحبيبات يصبح ممكناً، ويحدث الالتصاق بينهما عن طريق قوى فان ديرفال (Van der Waals) قصيرة المدى.

وسائط المرشحات

يستخدم في عملية الترشيح عدة وسائط حبيبية مختلفة هي كالتالي :ـ

١ـ رمل السيليكا، وفحم الانثراسيت، والجارنت (مخلوط من سيليكات الحديد والألمنيوم والكالسيوم)، والألمنيت (مخلوط من مركبات الحديد والتيتانيوم).

٢ـ كربون حبيبي منشط (Granular Activated Carbon - GAC) وذلك لإزالة طعم ورائحة المياه، كما أنه يستخدم بعد عملية الترشيح لادمصاص المركبات العضوية.

٣ـ الدياتومسيوس الأرضي (Diatomaceous Earth - DE)، ويتركب

من طحالب مائية مجهرية ذات هياكل متحجرة تنمو في المياه العذبة أو المالحة، يتم جمعها، ثم تعدينها ومعالجتها وتصنيفها طبقاً للمقاس الخاص بتطبيقات ترشيح مياه الشرب والذي يتراوح بين ٥ إلى ١٧ ميكروميتر.

٤ـ **البيرلايت**: ويعد أقل الأوساط استخداماً في عمليات ترشيح المياه، ويتم الحصول عليه من الصخور البركانية الزجاجية بعد معالجتها بالتسخين ـ لإزالة جزئيات الماء منها ـ حيث تتحول إلى كتلة من الفقاقيع الزجاجية، يتم طحنها وتكليسها، ثم طحنها مرة أخرى وتصنيفها في مقاسات مختلفة.

وهناك عدة خصائص فيزيائية هامة لحبيبات وسط المرشح، تؤثر من خلالها على أداء عملية الترشيح، وعلى تحديد نوع الوسط المناسب لتلك العملية، وعلى متطلبات تدفق مياه الغسيل العكسي (Backwashing) لوسط المرشح. وتتمثل هذه الخصائص في مقاس الحبيبات (ملم) وتدرجها، وشكل الحبيبات ودرجة استدارتها، وكثافتها النوعية، وصلابتها، ومسامية الوسط (حجم الفراغات بين الحبيبات إلى الحجم الكلي للوسط).

يتم تحديد مقاس ودرجة انتظام حبيبات وسط المرشح طبقاً لعاملين هما: ـ

* **المقاس المؤثر (Effective Size-ES)**: ويعرف بأنه مقاس فتحات المنخل (Sieve) الذي يسمح بمرور ١٠٪ (بالوزن) من الحبيبات.

* **معامل التماثل (Uniformity Coefficient-UC)**: وهو النسبة بين مقاس فتحات المنخل الذي يسمح بمرور ٦٠٪ (بالوزن) من الحبيبات والمقاس المؤثر.

ويلاحظ أنه كلما صَغُرَ المقاس المؤثر للحبيبات زادت كفاءة المرشح في إزالة الشوائب، إلا أن ذلك يزيد من معدل إنسداد مسام الوسط مما يعيق مرور المياه ـ يعبر عنه بفقدان ضغط (Head loss) المياه ـ داخل المرشح. ومن ناحية أخرى كلما

الخاصية	نوع المرشحات
نوعية الوسط الحبيبي	الرمل، وفحم الانثراسيت، والديا تومسيوس الأرضي.
نظام مرور المياه	ـ مفتوحة (تحت تأثير الجاذبية الأرضية). ـ ضغطية (تحت ضغط عال).
معدل سريان المياه	ـ سريعة (معدلات سريان عالية). ـ بطيئة (معدلات سريان بطيئة جداً).
عدد وسائط المرشح	ـ أحادية الوسط (طبقة واحدة من الرمل أو أي مادة أخرى مشابهة). ـ ثنائية الوسط (طبقتين السفلى منهما ذات حبيبات صغيرة المقاس كرمل السيليكا، والعليا ذات حبيبات كبيرة وخفيفة مثل فحم الانثراسيت المجروش). ـ متعددة الوسائط (ثلاث طبقات أو أكثر تتدرج حبيباتها مقاساً ووزناً حيث يزداد المقاس ويقل الوزن من أسفل إلى أعلى).
إتجاه تدفق المياه	ـ صاعدة (يتدفق فيها الماء من أسفل إلى أعلى). ـ هابطة (يتدفق فيها الماء من أعلى إلى أسفل).
عمق وسط المرشح	ـ عميقة (المرشحات الرملية السريعة). ـ سطحية (المرشحات المغطاة، والمرشحات الرملية البطيئة).

● جدول (١) أنواع المرشحات المستخدمة في عمليات ترشيح المياه.

انخفض معامل التماثل (الحبيبات أكثرانتظاماً) زادت إمكانية تغلغل الشوائب في عمق وسط المرشح، وبالتالي استغلاله استغلالاً كاملاً في حجز وتخزين تلك الشوائب.

أنواع المرشحات

تقسم المرشحات المستخدمة في عمليات ترشيح المياه إلى عدة أنواع، يمكن تصنيفها وتوصيفها طبقاً لعدة خصائص يوضحها الجدول (١).

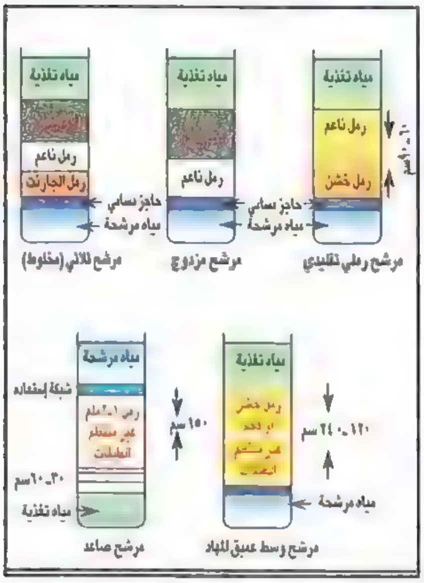
ويمكن من خلال التقسيمات السابقة، جدول (١)، توصيف المرشح توصيفاً كاملاً عن طريق الاختيار المناسب لصفاته، وبالتالي توصيف عملية الترشيح، فعلى سبيل المثال في حالة المرشح ثنائي الوسط السريع الذي يعمل تحت تأثير الجاذبية الأرضية، فإن ذلك يدل على أن عملية الترشيح هي ترشيح عميق المهاد (Deep Bed) خلال وسطين (طبقة رمل تعلوها طبقة أخرى من فحم الإنثراسيت)، تحت معدل تدفق عال وكاف لإمكانية الإزالة العميقة للجسيمات الدقيقة خلال وسط المرشح، إضافة إلى أن عملية الترشيح تتم في إناء مفتوح يعمل تحت تأثير الجاذبية الأرضية.

وسوف يتناول هذاالمقال ـ بمشيئة الله ـ خمسة أنواع من المرشحات يمكن توضيحها كما يلي:

● مرشحات الرمل السريعة

تعد مرشحات الرمل السريعة أكثر أنواع المرشحات شيوعاً واستخداماً في معالجة مياه الشرب.

يتكون وسط الترشيح في المرشحات السريعة من مادة حبيبية هي الرمل، وفحم الإنثراسيت المجروش، وحبيبات الكربون المنشط، والجارنت، والالمنيت، ويوضح الشكل (١) التركيب



● شكل (١) مخطط توضيحي لأنظمة مرشحات الرمل السريعة.

النموذجي لوسط المرشحات السريعة كثيرة الاستخدام .

يعد الرمل التقليدي هو الأكثر استخداماً في مرشحات الوسط الأحادي والثنائي، وتحل حبيبات الكربون المنشط محل الرمل أو الإنثراسيت في مرشحات الادمصاص حيث يتم استخدامها كوسط أحادي أو ثنائي أو ثلاثي .

تمر المياه المراد تنقيتها ـ بعد المعالجة الأولية ـ خلال وسط المرشح بمعدل تدفق هابط (من أعلى إلى أسفل) يتراوح ما بين ٢ إلى ١٠ جالون / دقيقة / قدم٢ (٥ إلى ٢٥ متر/ساعة) . وكذلك توجد بعض أنواع المرشحات السريعة التي تستخدم نظام التدفق الصاعد . وتتم إزالة الشوائب العالقة بالمياه داخل مهاد المرشح وهو ما يسمى بالترشيح العميق .

مما يجدر ذكره أن مرشحات الرمل السريعة تستخدم في محطات تنقية مياه الشرب لمدينة الرياض، وبعض مدن المنطقة الوسطى .

تعتمد عملية تنقية المياه في محطات مدينة الرياض (الشميسي، والملز، والمنفوحة، وصلبوخ، والبويب والوسيع) على مبدأ إزالة العسر باستخدام الجير ورماد الصودا داخل أبراج مخروطية الشكل يتم فيها الخلط السريع والبطيء والترسيب لتمر المياه بعدها على المرشحات . ويختلف عدد وحدات المرشحات من محطة لأخرى إلا أن كل مرشح يتكون من جزئين متتالين الأول مرشح رملي ذو وسط خشن تمر به المياه من أسفل إلى أعلى (صاعد) ، والثاني مرشح ذو وسط ناعم تمر به المياه من أعلى إلى أسفل (هابط) ما عدا محطة الوسيع التي تقع شرق مدينة الرياض فتحتوي على مرشح هابط فقط، وفيما يلي توضيحاً لبعض مواصفات مرشحات محطات تنقية مياه الشرب بالمنطقة الوسطى .

* **محطة الوسيع** : ويبلغ عدد وحدات الترشيح بها ٢٢ وحدة، كل بمساحة ٧٢م٢، ووسط ترشيح ثنائي يتكون من رمل بعمق ٣٠سم (مقاس حبيباته يتراوح بين ٠,٣ ـ ٢ملم) وفحم انثراسيت بعمق ٥٠سم، ويبلغ معدل التدفق لكل وحدة ١٠,٨٠٠م٣/يوم، بمعدل ترشيح فعلي ١٥٠م/يوم، وزمن دورة ترشيح ٢٤ ساعة . ومعدل تدفق مياه الغسيل العكسي ٤١م٣/م٢/ساعة لمدة ١٠ دقائق لكل وحدة .

* **محطة الشميسي** : وتحتوي على ٦ مرشحات رملية كل مرشح يتكون من جزئين صاعد وهابط، ويتركب الجزء الصاعد من طبقة رملية بسماكة ٢٣٨سم ومقاس ٣-٥ملم تعلوها طبقة رملية بسماكة ١٠سم ومقاس ١٠ ـ ١٨ملم، بينما يتكون الجزء الهابط من طبقة سفلية بسماكة ١٠سم (مقاس ١٠ ـ ١٨ملم) ، وطبقة وسطى بسماكة ١٥سم ومقاس ٣ـ٥ملم، وطبقة علوية بسماكة ٩٠سم ومقاس ٠,٨ ـ ١,٢ملم . وتبلغ المساحة السطحية للجزء الصاعد ١٣م٢ والهابط ٤٨م٢، وزمن الدورة الترشيحية ٤٨ ساعة للجزئين الصاعد والهابط، ويبلغ معدل الترشيح الفعلي لهما ٣٦٩م/يوم و١٠٠م/يوم على الترتيب، ويبلغ معدل التدفق الفعلي لكل مرشح ٤٨٠٠ م٣/يوم لكل من الجزئين الصاعد والهابط، بينما يبلغ معدل تدفق ماء الغسيل العكسي للجزئين ٨٠٠م٣/ساعة لمدة ١٠دقائق . ومعدل تدفق هواء الغسيل ٣٤٨ و٨٨٨م٣/ساعة لكل من الصاعد والهابط على التوالي لمدة ٣٠ دقيقة .

* **محطة بريدة** : وتهدف عملية الترشيح بها إلى إزالة رواسب الحديد والمنجنيز التي تكونت داخلها خلال عملية التهوية . وتحتوي المحطة على ٢٠ مرشحاً تعمل تحت تأثير الجاذبية، ويقسم كل مرشح إلى جزئين الأول صاعد (١٩,٧م٢) ، والثاني هابط (٣٩,٣م٢) . ويتكون وسط الترشيح من رمل السيليكا العادي فيما عدا الأجزاء السفلية من المرشحات الهابطة التي تحتوي على طبقة من الرمل الأخضر (بولارايت) بعمق ٧,٥سم بغرض تحسين أكسدة كل من الحديد والمنجنيز .

ومن المرجح أن حوالي ٩٠٪ من الرواسب يتم حجزها في الأجزاء الصاعدة بينما تُحجز بقية الرواسب في الأجزاء الهابطة . ويبلغ عمق الجزء الصاعد ٢,٢٦ متر حيث يحتجز الحجوم الكبيرة من الشوائب، بينما يصل عمق الجزء الهابط ـ يستقبل المياه من الجزء الصاعد ـ إلى ٠,٩٥ متر . تستغرق كل دورة ترشيح من ٣٦ إلى ٤٨ ساعة، يتم بعدها عملية الغسيل العكسي للمرشح عن طريق تيار من الهواء، ثم خليط من الهواء والماء ثم من المياه للجزء الصاعد، وتيار من الهواء ثم من المياه للجزء الهابط .

• محطة ترشيح المياه ببريدة.

ثبت من خلال متابعة عمل المرشحات السريعة أن أغلب الشوائب والعوالق تتركز في الطبقة العلوية من المرشح بسماكة بضع سنتيمترات من الرمل، وبالتالي لم يتم استغلال مهاد الوسط العميق جيداً. ويرجع السبب في ذلك إلى أن حبيبات الرمل الصغيرة تطفو على سطح المرشح أثناء عملية الغسيل العكسي بينما تتجه الحبيبات الأكبر إلى القاع، لذا فإن استخدام مرشح مزدوج الوسط يتركب من طبقة علوية خشنة من فحم الانثراسيت المجروش عند السطح فوق طبقة من رمل السيليكا الأكثر نعومة يشجع على اختراق أفضل للجسيمات الصلبة المزالة، وبالتالي استغلال أكبر لعمق الوسط. كذلك يتميز مرشح الوسط الثنائي بتخفيض معدل فقد الضغط داخل وسطه، وبالتالي إطالة دورة الترشيح.

● المرشحات المباشرة

تعمل المرشحات المباشرة من خلال إضافة مواد كيميائية مخثرة إلى تيار المياه مباشرة مع خلط سريع، وتلبيد، وترشيح دون الحاجة إلى خزان لتلبيد الجسيمات المزالة.

أصبح استخدام الترشيح المباشر للمياه السطحية ذات النوعية الجيدة متزايداً بسبب ماله من ميزات تجعله متفوقاً عن المعالجة التقليدية لنفس المصدر المائي، منها ما يلي :-

١ـ قلة التكلفة نظراً لعدم استخدام أحواض تلبيد.

٢ـ حاجته لجرعات مخثرة صغيرة بهدف تكوين ندفات صغيرة المقاس قابلة للإزالة عن طريق الترشيح مقارنة بتكوين ندفات كبيرة ـ عند المعالجة التقليدية ـ يمكن إزالتها بالترسيب عن طريق الركود.

وعلى الرغم من الميزات السابقة للترشيح المباشر إلا أن له بعض العيوب منها :

١ـ القصور في معالجة مياه عالية التعكر و/أو التلون.

المعيار	المدى
اللون	أقل من ٤٠ وحدة لون (CU).
العكارة	أقل من ٥ وحدات عكارة قياسية (NTU).
الطحالب المائية	أقل من ٢٠٠٠ وحدة مساحية/مل.
الحديد	أقل من ٠,٣ ملجم/لتر.
المنجنيز	أقل من ٠,٠٥ ملجم/لتر.

● جدول (٢) معايير نوعية مياه الترشيح المباشر.

٢ـ قصر وقت ملاحظة التغير في نوعية المصدر المائي.

٣ـ قصر زمن وجود المياه داخل وسط المرشح، وبالتالي عدم التحكم في التغير الموسمي في طعم ورائحة المياه.

وقد تم وضع عدة معايير لنوعية المياه الصالحة للمعالجة خلال الترشيح المباشر يوضحها الجدول (٢).

كذلك فإن أنسب معدل لتدفق المياه داخل المرشح يتراوح ما بين ١ إلى ٦ جالونات/دقيقة/قدم٢.

وتعد محطة معالجة المياه في لوس إنجلوس بالولايات المتحدة الأمريكية أحد الأمثلة على تطبيق الترشيح المباشر حيث يستخدم فيها وسط عميق من الإنثراسيت (١,٨ متر) بمقاس حبيبات مؤثر (١,٥ملم)، ومعامل تماثل أقل من ١,٤، ومعدل ترشيح تصميمي عند ١٣,٥ جالون/دقيقة/قدم٢ (٣٣متر/ساعة). وتتضمن المعالجة الأولية استخدام غاز الأوزون لمساعدة عملية التخثير بإضافة كلوريد الحديديك ومبلمر أيوني موجب لإحداث تلبيد للجسيمات العالقة قبل عملية الترشيح.

وتتم عملية الغسيل العكسي لوسط المرشح بالهواء فقط عند معدل ٤ قدم٣/دقيقة/ قدم٢ (١,٢ متر/دقيقة) ثم بتيار من الهواء والماء عند معدل ١٠ جالون/دقيق/قدم٢ (٢٤متر/ساعة).

● مرشحات الرمل البطيئة

تعمل مرشحات الرمل البطيئة عند معدل ترشيحي منخفض جداً (٠,٠١٦ إلى ٠,١٦ جالون/دقيقة/قدم٢) دون استخدام معالجة أولية (التخثير) للمصدر المائي، إضافة إلى صغَر حبيبات الرمل المستخدم فيها مقارنة بالرمل المستخدم في المرشح السريع. هذا إلى جانب أن معدل الترشيح المنخفض يجعل الجسيمات المراد إزالتها تتركز غالباً في طبقة رقيقة ـ مكونة من الشوائب والكائنات المجهرية الدقيقة والكبيرة (حية وميتة) ـ على سطح وسط المرشح.

ومع مرور الوقت تشكل هذه الطبقة المتكونة وسطاً فعّالاً في الإزالة إلى أن يصل فقد الضغط داخل المرشح إلى الحد الذي يجب معه تنظيف المرشح. يتم تنظيف المرشح بتصفية سطحه من المياه ثم إزالة الشوائب بكشطها مع طبقة من الرمل يتراوح سمكها بين (١٢ ـ ٥٠ ملم)، وعادة يتم تنظيف الرمل الذي تم إزالته ـ هيدروليكيا ـ من وسط المرشح ويخزن لحين الحاجة إلى إحلال رمل المرشح. ويمكن تكرار عملية الكشط عدة مرات إلى أن يصل عمق طبقة الرمل ما بين ٠,٤ إلى ٠,٥ متر، وعند هذا الحد يعبأ المرشح مرة ثانية بالرمل النظيف المخزن (Resanding).

وتتراوح مدة الدورة الترشيحية في المرشحات البطيئة من شهر إلى ستة أشهر معتمدة في ذلك على نوعية المصدر المائي (معالج أو غير معالج) ومعدل الترشيح.

يتركب وسط المرشح البطيء من رمل متدرج المقاس (٠,١٥ إلى ٠,٤٠ملم)، بمعامل تماثل رملي يتراوح بين ١,٥ إلى ٣,٦، ومهاد بعمق يتراوح من ٤٥ إلى ١٥٠ سم. وتحمل طبقة الرمل على طبقة أخرى من الحصى المتدرج بعمق يتراوح من ١٥ إلى ٩٠ سم.

تتم آلية إزالة الشوائب في مرشحات الرمل البطيئة فيزيائياً وإحيائياً حيث تقوم النوعيات الحية في طبقة المرشح بخفض تراكيز المركبات العضوية بالإضافة إلى تحولات كيميائية مثل أكسدة الأمونيا إلى نترات.

تعد المرشحات البطيئة بسيطة تقنياً لأنها لا تتطلب معرفة بكيمياء التخثير، بل

تعد ذات جاذبية كافية للأنظمة المائية الصغيرة ذات مياه سطحية جيدة النوعية، وقد أظهرت هذه المرشحات كفاءة عالية في إزالة البكتيريا والفيروسات والملوثات العضوية وغير العضوية. وبالرغم من هذه الميزات فإنه يعاب على هذا النوع من المرشحات بأنه غير ناجح في معالجة المياه المحملة بالطين وكذلك غير مؤثرة في إزالة اللون (تزيل فقط ٢٥٪).

● المرشحات المغطاة

يتكون وسط المرشح في المرشحات المغطاة (Precoat) من طبقة رقيقة منتظمة السماكة (١,٥ ـ ٣ ملم) من مادة دقيقة الحبيبات (مثل الدياتومسيوس أو البيرلايت) يتم ترسيبها على حاجز أو حجاب (Septum) ـ من مادة مسامية ـ يُثبت على بناء صلب يسمى عنصر المرشح (Filter Element).

تمرر المياه المراد ترشيحها خلال وسط المرشح حيث يتم حجز أغلب الشوائب والجسيمات العالقة وإزالتها من المياه. وباستمرار عملية الترشيح تزداد سماكة الطبقة المتكونة (الكعكة) على الحاجز بما يتناسب مع الجسيمات والشوائب المزالة.

تتم إزالة الشوائب والجسيمات المعلقة في هذه المرشحات عن طريق الحجز الفيزيائي لها، حيث تتمازج الجسيمات المترسبة على الكعكة مع الجسيمات الأخرى المعلقة في المياه الخام مؤدية إلى زيادة نفاذية الطبقة المتكونة كلما زاد سماكتها، وبهذا تزداد فترة دورة المرشح. وتستمر هذه العملية إلى أن يتناقص ضغط المياه المارة تدريجياً خلال المرشح ليصل إلى نقطة يصبح معها استمرار الترشيح غير عملياً، عندئذ يتم إيقاف عملية الترشيح وغسل وسط المرشح من الشوائب المتجمعة، وذلك بإزالة الكعكة المتكونة فوق الحاجز المسامي، ثم إضافة طبقة جديدة من وسط المرشح لتستمر عملية الترشيح.

تستخدم عادة في المرشحات المغطاة خمس أو ست تدرجات من الطبقة الفعالة الرقيقة (وسط المرشح) حيث تقدم أداء جيد يتناسب مع معدل الترشيح والصفاء المطلوب للماء. وبالاختيار المناسب لهذه التدرجات يمكن إزالة جسيمات دقيقة (تصل إلى حوالي ١ ميكرومتر) تشكل أغلب ملوثات المياه السطحية. وعند وجود مواد غروية أو جسيمات أكثر دقة فإن عملية الترشيح في هذه الحالة تكون غير كافية لتحقيق إزالة العكارة إلى المستوى المطلوب، ولذا تستخدم مخثرات من الألمنيوم أو الحديد أو البوليمرات الأيونية الموجبة تغطي وسط المرشح، وبالتالي تسهل إزالة الجسيمات الدقيقة المجهرية مثل البكتيريا والفيروسات وألياف الأسبستوس.

تستخدم المرشحات المغطاة في تطبيقات الترشيح الصناعية، وفي ترشيح مياه حمامات السباحة، وفي محطات معالجة مياه الشرب العمومية ذات النوعية الجيدة (العكارة ١٠ وحدة عكارة قياسية أو أقل مع لون مقبول)، وكذلك تستخدم في ترشيح المياه الجوفية المحتوية على الحديد والمنجنيز بعد المعالجة الأولية المناسبة لترسيبها.

تتميز المرشحات المغطاة بعدد من الميزات هي:

١ـ توفير مناسب في التكلفة الإنشائية بسبب صغر مساحة الأرض ومتطلبات البناء.

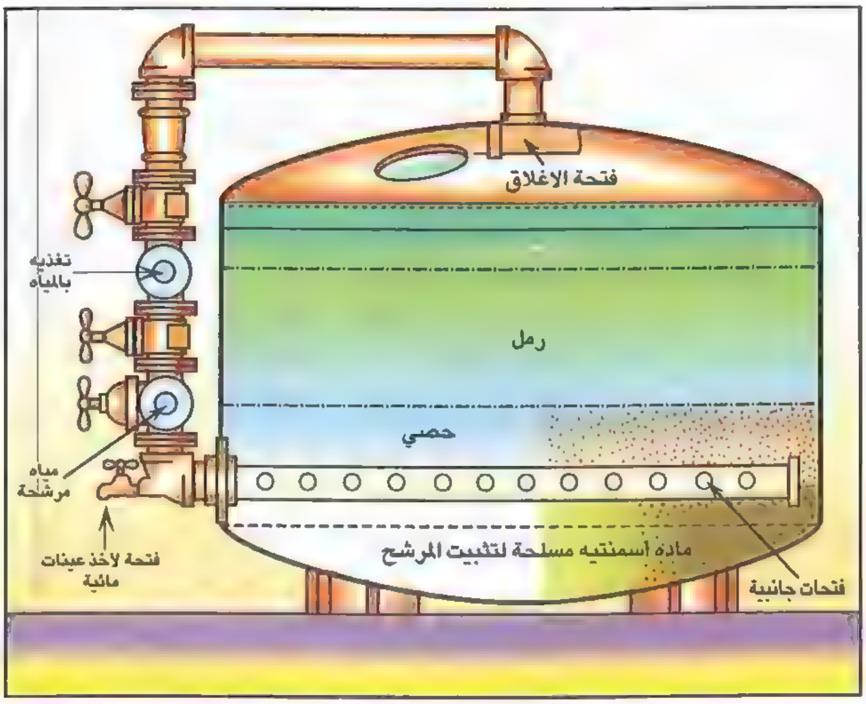
٢ـ إنخفاض تكلفة معالجة المياه بنسبة تتراوح بين ٤٠٪ إلى ٦٠٪ مقارنة بتكلفة عمليات المعالجة الأخرى كالتخثير التقليدي، والترسيب بالركود، والترشيح خلال وسط حبيبي (محتوى منخفض من المواد الصلبة).

٣ـ انحصار آلية الترشيح في عمليات فيزيائية لا تتطلب عمالة فنية في كيمياء تخثير المياه.

٤ـ سهولة إزالة المياه من وسط المرشح المستهلك.

● المرشحات الضغطية

تعمل المرشحات الضغطية (Pressure Filters) تحت ضغط أعلى من الضغط الجوي وتستخدم أحياناً للترشيح السريع. ويوضع الوسط المرشح في إناء ضغطي مصنوع من الصلب، شكل (٢) حيث تدخل المياه المراد ترشيحها تحت



● شكل (٢) مقطع رأسي لمرشح ضغطي نموذجي.

ضغط وتخرج مرشحة تحت ضغط أقل قليلاً من ضغط الدخول نتيجة فقدان جزء منه خلال وسط المرشح أو في توصيلات الأنابيب، وفي نظام التصريف السفلي الحامل للوسط (Underdrain).

تتميز المرشحات الضغطية بعدم تكوّن ضغط سالب داخل وسط المرشح (يؤدي إلى تحرك المياه المفاجيء في اتجاه عكسي) وبالتالي تجنب المشاكل الناتجة عن ذلك، وخروج المياه المعالجة تحت ضغط وبالتالي وصولها إلى نقطة الاستخدام مباشرة دون إعادة ضغطها مرة أخرى.

وعلى الرغم من المميزات السابقة للمرشحات الضغطية إلا أن عملية الغسيل العكسي المناسب لها تكون أكثر صعوبة بسبب عدم رؤية وسط المرشح خلال عملية الغسيل وما قد ينتج عن ذلك من قصور في أداء المرشح، وبالتالي احتمال تلوث المياه وتصبح مصدراً للأمراض.

تستخدم المرشحات الضغطية في الأنظمة المائية الصغيرة، حيث يستخدم العديد منها في تطبيقات ترشيح المياه المستخدمة في الصناعة ومياه المخلفات وفي ترشيح مياه حمامات السباحة، وفي بعض تطبيقات المياه الجوفية المحتوية على الحديد والمنجنيز حيث يمكن معالجتها بالتهوية الضغطية و/أو الأكسدة الكيميائية ثم ترشح مباشرة في مرشح ضغطي ليخدم مجتمعات صغيرة.

غسيل المرشحات

عند مرور المياه المطلوب ترشيحها خلال المرشح، تلتصق الشوائب العالقة بحبيبات وسط المرشح، وتجتمع في الفجوات المسامية بين تلك الحبيبات، كما أنها تتجمع على السطح العلوي لوسط المرشح.

ومع استمرار عملية الترشيح تضيق فجوات الوسط المسامي، مما يقلل من نفاذية وسط المرشح وبالتالي تقل كفاءته، وعندئذ يجب إيقاف عملية الترشيح، وغسل المرشح عن طريق الغسيل العكسي (Backwashing) لتنظيف حبيباته من الشوائب العالقة بها، حيث يتم إعادة تشكيلها واستخدامها مرة أخرى.

تجري عملية الغسيل العكسي للمرشحات في ثلاث حالات هي:

١ـ انخفاض تدريجي في ضغط المياه (فقد الضغط) المارة خلال وسط المرشح نتيجة لانسداد المسام إلى أن يصل الضغط إلى القيمة المحددة سلفاً كحد أقصى (تتراوح ما بين ٢,٤ إلى ٣ متر من المياه).

٢ـ انخفاض مواصفات المياه الناتجة عن عملية الترشيح إلى الحد المتفق عليه.

٣ـ استمرار عمل المرشحات لفترة زمنية تتراوح ما بين ٣ إلى أربعة أيام.

تتم عملية الغسيل العكسي للمرشحات بتدفق تيار من المياه النقية، أو مخلوط من المياه والهواء من أسفل المرشح إلى أعلاه، حيث تتحرك مكونات وسط المرشح، فتصطدم بعضها ببعض، وبذلك يتم تنظيفها من الشوائب العالقة بها. ويتم إزالة الشوائب المتجمعة في المسام المنتشرة بين حبيبات وسط المرشح بسبب ضغط المياه. وتندفع الشوائب والأجسام الصلبة مع مياه الغسيل العكسي.

تسمى مدة تشغيل المرشح بين عمليتين متتاليتين من الغسيل العكسي بدورة الترشيح (Filter Cycle). وتتراوح دورة الترشيح التقليدية بين ١٢ إلى ٩٦ ساعة، على الرغم من أن بعض المحطات تعمل على دورات أطول من ذلك، إلا أنه يفضل تحديد فترة زمنية كحد أقصى للدورة خشية النمو البكتيري داخل المرشح، إلى جانب احتمال تكتل الشوائب المزالة داخل المرشح مسببة صعوبة عملية الغسيل العكسي.

مخلفات عمليات الترشيح

تتمثل المخلفات الناتجة عن عمليات ترشيح المياه وتنقيتها في مياه الغسيل العكسي وكعكة المرشحات المغطاة، والرمل الملوث الناتج عن كشط رمل المرشح البطيء. ويتم التخلص من هذه المخلفات على النحو التالي:-

● مياه الغسيل العكسي

يتم تجميع مياه الغسيل العكسي الناتجة من محطات ترشيح المياه (تصل إلى حوالي ٤٪ من كمية المياه المرشحة الناتجة)، ونقلها إلى مكان آخر حيث يتم معالجتها وتدويرها ـ ترسيب الجسيمات الصلبة والشوائب بالركود في أحواض ترسيب دون إضافة مواد مخثرة ـ ومن ثم الاستفادة منها مرة أخرى.

● كعكة المرشحات المغطاة

تتكون كعكة الرواسب المتخلفة عن المرشحات المغطاة ـ عند نهاية كل دورة ـ من خليط من وسط المرشح، ومواد صلبة عضوية وغير عضوية تمت إزالتها من المصدر المائي. تنقل الكعكة في صورة رادغ (Slurry) إلى مرحلة فصل المواد الصلبة من المياه، حيث يمكن إعادة تدوير المياه أو التخلص منها، في حين يتم التخلص من المواد الصلبة الجافة بدفنها تحت سطح الأرض.

● الرمل الملوث

الرمل الملوث الناتج من مرشحات الرمل البطيئة عبارة عن مخلوط من الرمل، وكائنات حية دقيقة، ومواد صلبة عضوية وغير عضوية تم حجزها من المصدر المائي بوساطة وسط المرشح.

يتم تنظيف الرمل الملوث ـ عادة ـ هيدروليكياً، ويخزن لحين الحاجة إليه، وينتج عن عملية التنظيف رادغ ـ يحتوي على جميع المواد الصلبة عدا الرمل ـ يعامل كمخلفات يتم التخلص منها. فضلاً عن ذلك فإنه في حالة عدم إمكانية تنظيف الرمل الملوث يتم التخلص منه كلية كمخلفات صلبة تدفن تحت سطح الأرض.

كيف تعمل الأشياء

أجهزة الليزر

إعداد : د. عطية بن علي الغامدي

٥- ليزر الإكزيمر (Eximer Laser)

أتت كلمة إكزيمر (Eximer) من اختصار كلمتي (Exited) ، وتعني مستثار ، و (Dimer) وتعني جزيء مكون من ذرتين ، وبذلك تعني الكلمة الجزيء الزوجي المستثار ، ويمكن أن تكون لذرتي الجزيء المستثار نفس التركيب الذري مثل ذرتي الزينون (Xe_2) أو ذرتي جزيء ليس لها نفس التركيب الذري مثل كلوريد الزينون (XeCl) حيث يتم الارتباط بين ذرتي الزينون(Xe) والكلور (Cl) في حالة الاستثارة الإلكترونية فقط ولكنها في حالة الاستقرار الأرضي (Stable Ground level) متنافرة أو ذات ترابط ضعيف .

ينجم عن ترابط ذرتي الجزيء المذكور تفاعل كيموضوئي ذا طاقة عالية . ويتم التفاعل بإستثارة أحد ذرتي التفاعل بطاقة تكفي لارتباطها مع الذرة الأخرى ، فعلى سبيل المثال في حالة إكزيمر من نوع فلوريد الكريبتون (KrF) يتم استثارة ذرة الكريبتون بطاقة عالية تكفي لتأينها بتحرير إلكترون ، شكل (١) ، لتصبح ذرة الكريبتون ذات شحنة موجبة ليتسنى لها الارتباط مع ذرة الفلور بواسطة التجاذب الكهربي حسب تفاعل كولمب ، وذلك على النحو التالي :

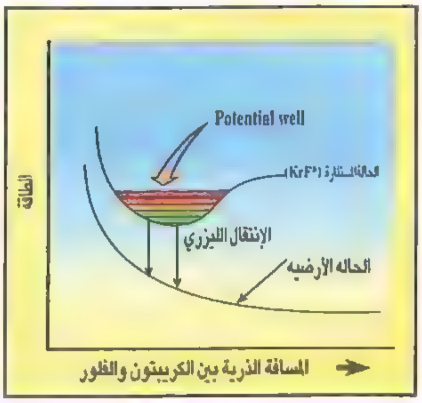
$$Kr \xrightarrow{\text{استثارة}} Kr^{+} + e^{-}$$

$$F_2 + e^{-} \longrightarrow F^{-} + F$$

يتطلب تكون جزيء فلوريد الكريبتون المستثار حدوث تصادم بين الكريبتون والفلور في وجود غاز آخر مثل النيون لتهيئة الظروف التصادمية لتكوين طاقة عالية .

$$Kr^{+} + F^{-} + Ne \longrightarrow KrF^{*} + e^{-} + Ne$$

ويمكن لليزر الإكزيمر في حالة الاستثارة الآلية إحداث اهتزاز كبير للجزيئات مما يكسبها تحصيل ليزر عالي (High Gain) له فائدة كبيرة في التطبيقات الصناعية



شكل (١) رسم مبسط للإنتقال الداخلي لذرتي الكريبتون والفلور.

والطبية .

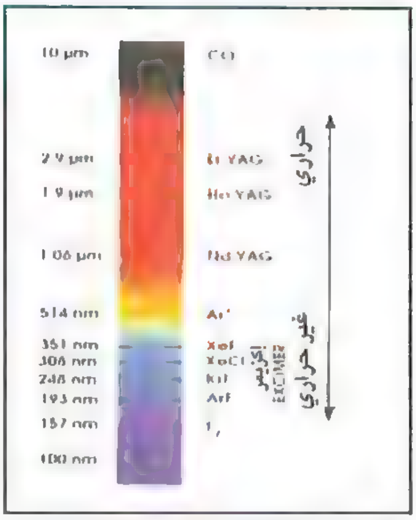
أنواع واستخدامات الليزر

تم إنتاج أول ليزر إكزيمر عام ١٩٧٥م ومن ذلك الحين فإنه خضع إلى تقدم تقني سريع أسفر عن أنواع حديثة تصل قدرتها إلى ٢٠٠ واط بنسبة تردد واحد كيلوهيرتز وطاقة ٤ جول وتعريض نبضي من ١٠-٢٥ نانو ثانية ، وتختلف أنواع ليزر الإكزيمر باختلاف الذرات المكونة للجزيء وبذلك تختلف الطاقة المتولدة منها والطول الموجي الذي يدخل ضمن نطاق الأشعة فوق البنفسجية غير المرئية ، جدول (١) ، وشكل (٢) .

ليزر إكزيمر	الطول الموجي (نانومتر)	طاقة الفوتون (ev)
Xe F	٣٥١	٣,٦٢
Xe Cl	٣٠٨	٤,١٣
KrF	٢٤٨	٥,١٣
ArF	١٩٣	٦,٥٩
F_2	١٥٧	٨,١٠

جدول (١) أنواع ليزر الإكزيمر وطولها الموجي وطاقتها .

يستخدم ليزر الإكزيمر في نطاق واسع من التطبيقات البحثية والطبية والصناعية ، وهي مرغوبة لخاصية الطول الموجي القصير



الشكل (٢) موقع طيف ليزرات الإكزيمر مقارنة بليزرات أخرى.

وشدة النبضة الليزرية العالية .

ومن أمثلة التطبيقات البحثية قياس التلوث الجوي والدراسات المجهرية (Spectroscopy) والدراسات الكيموضوئية ومعالجة المواد الحيوية . أما التطبيقات الصناعية فمن أمثلتها آلات المعالجة الميكروية (Micro Machining) والطباعة الضوئية بالليزر ، والتلدين ، والتعديل والترقيم الدقيق للسطوح ، ووضع علامات على المواد مثل الزجاج والبلاستيك

الكتابة بالحفر على شعر إنسان باستخدام ليزر الإكزيمر.

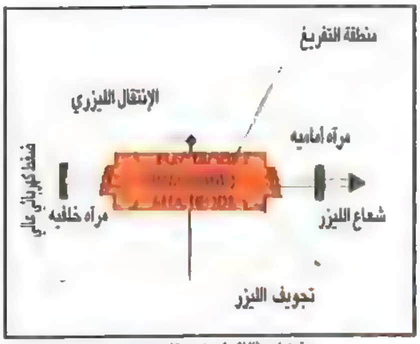
والسيراميك والمعادن ، وفضلاً عن ذلك فان لليزر الإكزيمر إستخدامات طبية تتمثل في عمليات قرنية العين.

طريقة العمل

يتم استثارة الخليط الغازي ـ مثل الكريبتون والكلور والنيون ـ بنبضة كهربائية مكثفة في زمن وجيز للغاية تصل إلى ١٠ نانو ثانية (10^{-8} ثانية) . وتعمل الطاقة الناتجة على تفكيك الروابط الجزئية للكلور ، وبذلك يتم الحصول على جزىء فلوريد الكريبتون المتأين (KrF) ، وتبقى الجزئيات المستثارة لمدة تصل إلى ١٠ نانو ثانية لتعود بعدها إلى المستوى الأرضي الجزئي (Ground Level) .

يحتوى ليزر فلوريد الكريبتون على مرآة خلفية عاكسة ومرآة أمامية غير مطلية تسمح بخروج أشعة الليزر وتعمل على عكس باقي الأشعة .

يأتي التفريغ في ليزر الإكزيمر بشكل عمودي على طول الأنبوبة المغلقة والمليئة بالخليط الغازي ، شكل (٣) ، وتعمل الأنبوبة لفترة معينة يتم استبدالها بعد انخفاض

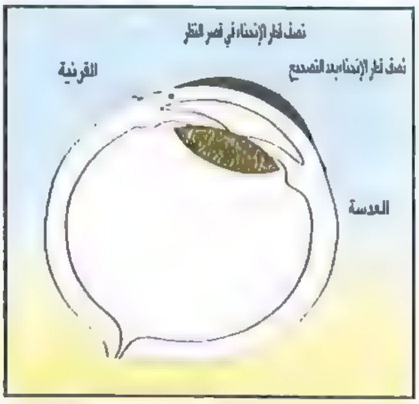


شكل (٣) ليزر الإكزيمر

نبضات الليزر بشكل ملحوظ مع مرور الزمن بسبب استهلاك الغاز .

التطبيقات الطبية

يستخدم ليزر الإكزيمر بشكل واسع في نواحي طبية عديدة من أهمها علاج ضعف وطول وقصر النظر ، وحالات عدم وضوح الأشياء لعدم تجمع الضوء في نقطة بؤرية (Astigmatism) ،



شكل (٤) تصحيح قوة العدسة بكحت مواد القرنية.

ويستخدم في هذه الحالة الإكزيمر من نوع فلوريد الأرجون (ArF) وذلك في جراحة الانكسار الضوئي عن طريق إبعاد مواد القرنية لتصحيح قوة العدسة (Dupitor) ، شكل (٤) .

يصل الطول الموجي لليزر (ArF) إلى ١٩٣ نانومتر وهو قصير جداً في نطاق الأشعة فوق البنفسجية غير المرئية مما يكسبها دقة عالية في جراحة الإنكسار الضوئي تصل إلى ١, من الميكرومتر ، وفضلاً عن ذلك فان لها تأثير طفيف للغاية في نقل الحرارة إلى الأنسجة المجاورة أثناء العملية .

تنحصر أهم خطوات إستخدام إكزيمر (ArF) في جراحة العيون فيما يلي :

١ـ تسليط حزمة الليزر على قناع (Mask) خاص حسب مقاس المريض بحيث يتم إسقاط الضوء على القرنية بخطوات معينة يمكن التحكم بواسطتها في ضبط حجم منطقة الاستئصال المرغوبة .

٢ـ يتم التحكم في حجم وشكل وعمق الاستئصال بواسطة مجموعة من الفتحات الحلقية والإسطوانية الضوئية تعمل على تحديد مواصفات الضوء الساقط ، وكذلك التحكم بنبضات الليزر،ويتم التحكم في هذه الخطوات بالحاسب الآلي .

مصطلحات علميـة (*)

* غسيل عكسي Backwashing

تنظيف حبيبات المرشح من الجسيمات الملتصقة بها، وذلك بإمرار تيار قوي من المياه أو من مخلوط المياه والهواء خلال المرشح (من أسفل لأعلى) لمدة زمنية معينة، حيث يتم إعادة تنشيطه واستخدامه مرة أخرى، وتكرر هذه العملية على فترات دورية تتراوح بين يومين إلى ثلاثة .

* عسر كربوناتي
Carbonate Hardness

مجموع تراكيز كربونات وبيكربونات الكالسيوم والمغنيسيوم الذائبة في الماء .

* تخثير Coagulation

عملية تجميع الجسيمات الدقيقة إلى جسيمات كبيرة مكوّنة ـ بإضافة مواد كيميائية مخثرة مثل كبريتات الالمنيوم، والومينات الصوديوم ـ يسهل إزالتها بعمليتي ترسيب وترشيح متتاليتين .

* تطهير المياه Disinfection

خفض عدد الأحياء الدقيقة المجهرية المسببة للأمراض من مياه الشرب، وذلك بإضافة غاز الكلور أو مركبات الكلور وغيرها .

* الكربون العضوي الذائب
Dissolved Organic Carbon (DOC)

محتوى المياه من المواد العضوية الطبيعية الذائبة مثل المواد الدوبالية .

* ديلزة (إمتزاز كهربائي)
Electrodialysis

عملية فصل كهروكيميائية لمعالجة المياه، يتم فيها انتقال الأيونات خلال أغشية انتقائية كاتيونية من محلول أقل تركيزاً إلى محلول أكثر تركيزاً نتيجة لسريان تيار كهربائي مباشر .

* ترويب (تلبيد) Flocculation

تجميع الجسيمات الدقيقة إلى جزيئات أكبر حجماً مكونة مليدات يسهل إزالتها والتخلص منها، وتستخدم عمليات التلبيد لخفض نسبة السيليكا في المياه ـ بإضافة الومينات الصوديوم أو بوليمرات متعددة الالكتروليت أو كلوريد الحديديك ـ التي تستخدم عادة قبل عمليات التناضح العكسي وذلك للمحافظة على كفاءة الأغشية .

* مياه جوفيه Groundwater

مياه الآبار الضحلة (منخفضة الأملاح الذائبة والعسر وعرضة للتلوث)، والآبار العميقة (عالية التركيز من الأملاح الذائبة والعسر الكلي) .

* مياه عسرة Hard Water

مياه تحتوى على تراكيز عالية من بيكربونات الكالسيوم والمغنيسيوم (اكثر من ١٥٠ ملجم /لتر مكافيء كربونات الكالسيوم) .

* المستوى الأقصى للملوثات
Maximum Contaminant Level

الحد الأقصى لتراكيز العناصر والمواد العضوية والبكتيريا وغيرها في مياه الشرب، والتي لاينتج عنها آثاراً صحية سلبية .

* عسر لا كربوناتي
Non-Carbonate Hardness

مجموع تراكيز كبريتات وكلوريدات وسيليكات الكالسيوم والمغنيسيوم الذائبة في الماء .

* مياه مرتجعة Reject Water

مياه ذات تراكيز عالية جداً من الأملاح (أعلى من ٣٠٠٠٠ ملجم/لتر)، بسبب انها ناتج ثانوي عن عملية التناضح العكسي .

* ترسيب Sedimentation

فصل الجسيمات الصلبة من المياه بالجاذبية الارضية بتركها ساكنة داخل أحواض ترسيب.

* حمأة Sludge

محلول على هيئة مستحلب عالي الرواسب، وهو ناتج ثانوي عن عمليات معالجة مياه الشرب مثل عمليات التيسير الكيميائي وعمليات الترسيب .

* تيسير المياه Softening

إزالة عناصر العسر من المياه بعدة طرق منها التيسير بالترسيب، والتبادل الأيوني، والتناضح العكسي وغيرها .

* عسر كلي Total Hardness

مجموع تراكيز أيونات كل من الكالسيوم والمغنيسيوم في المياه، ويقاس بالمليي جرام من كربونات الكالسيوم المكافئة لكل لتر ماء .

المصدر :
Water Quality and Treatment, American Water Works Association, 1990.

كتب صدرت حديثا

السرطان والوراثة

صدر هذا الكتاب عن مؤسسة الجريسي للنشر والتوزيع، عام ١٤١٨هـ، وقام بتأليفه **الدكتور فهد بن محمد الخضيري**، قسم أبحاث السرطان والوراثة بمركز الأبحاث، مستشفى الملك فيصل التخصصي.

يقع الكتاب في ٨٦ صفحة من القطع المتوسط، مقسمة إلى مقدمة، وعديد من الموضوعات التي تتناول السرطان من عدة نواحي مختلفة، منها: ماهو السرطان وكيف يحدث؟، وكيف يتم الكشف عن السرطان؟، وأنواع السرطان، وأسباب السرطان، وماهي البيئة والأغذية المسببة للسرطان؟، وهل السرطان مرض وراثي؟، والسرطان والعين، والعلاج بالقرآن، والهاتف الجوال والسرطان، والعلاج وأنواعه، وماهي الخلية، والشفرة الوراثية، والأمراض والوراثة، وماهي علاقة السرطان بالوراثة، وأشهر الأمراض الوراثية المنتشرة في العالم، والاستنساخ ... وينتهي الكتاب بملحق عبارة عن جدول لبعض الأمراض التي تم فيها محاولات العلاج الجنيني ومدى نجاحها، والمراجع العربية والأجنبية، وفهرس الكتاب.

أطلس النجوم

صدرت الطبعة العربية الأولى من هذا الكتاب، عام ١٩٩٧م عن المؤسسة العربية للدراسات والنشر، بيروت. وهو من تأليف **عماد عبدالعزيز مجاهد**، وقام بمراجعته وتقديمه المستشرق الألماني البروفيسور **يول كونيتش**.

يقع الكتاب في ٢٢٤ صفحة من الحجم المتوسط، مقسمة إلى مقدمة للمُراجع، ومقدمة للمؤلف، وعشرة فصول، وستة ملاحق، وينتهي الكتاب بسرد للمراجع العربية والأجنبية، والمجلات والنشرات والمقالات العربية والأجنبية.

جاءت فصول الكتاب مرتبة على النحو التالي: الانسان والنجوم، والخصائص العامة للنجوم، والقبة السماوية، والخطوات الأولى في التعرف على النجوم، ومجموعات النجوم الأبدية الظهور، ومجموعات النجوم في فصل الشتاء، ومجموعات النجوم في فصل الربيع، ومجموعات النجوم في فصل الصيف، ومجموعات نجوم فصل الخريف، والبروج السماوية.

أما ملاحق الكتاب فتتناول عدة موضوعات هي: مواعيد خسوف القمر حتى سنة ٢٠١٩م، والكسوفات الشمسية حتى سنة ٢٠١٩م، ورصد كوكب الزهرة حتى عام ٢٠٠٥م، وموعد تقابل الكواكب السيارة الخارجية حتى سنة ٢٠٠٥م، وبعض المعلومات عن أشهر المذنبات المعروفة في النظام الشمسي، ومعلومات إضافية عن فهرست ميسية.

تهوية المنشآت الزراعية

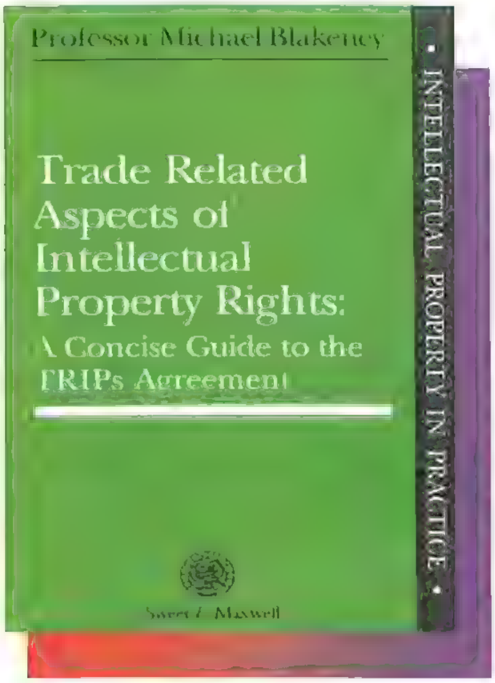
حرّر هذا الكتاب كل من **ميلو أ. هيليكسون** أستاذ ورئيس قسم الهندسة الزراعية، جامعة ولاية داكوتا الجنوبية، بروكينس، وجون ن. ووكر، وكيل كلية الزراعة جامعة كينتاكي، ليكسنجتون، أمريكا. وترجمه من الانجليزية إلى العربية **الدكتور محمد حلمي ابراهيم**، أستاذ مشارك، قسم الهندسة الزراعية، كلية الزراعة، جامعة الملك سعود، الرياض.

صدر هذا الكتاب عن مطابع جامعة الملك سعود عام ١٤١٨هـ، ويقع في ٦١٤ صفحة من الحجم المتوسط مقسمة إلى مقدمة المترجم، ومقدمة المحررين، وأربعة عشر فصلاً، وأربعة ملاحق، وثبت المصطلحات العلمية، وكشاف الموضوعات، وتعريف بالمترجم.

تناولت فصول الكتاب بالترتيب الموضوعات التالية: مقدمة، ومقاييس خواص الهواء الرطب، وتوزيع هواء التهوية، ووسائل وأجهزة التحكم في التهوية، والتهوية الطبيعية، والتبريد التبخيري، وتأثيرات البيئة الحرارية والغازية على الحيوانات المزرعية والدواجن، ومعدل سريان الهواء لتهوية المواشي والدواجن، ونظم تهوية منشآت الحيوانات المزرعية والدواجن، وتأثير البيئة على نمو النبات، ومعدل سريان الهواء لمنشآت البيوت المحمية، ونظم التهوية لمنشآت البيوت المحمية، وتهوية مخازن المحاصيل البستانية، والتهوية ـ طاقة واقتصاديات.

دليل مختصر لاتفاقية حقوق الملكية الفكرية المتصلة بالتجارة (اتفاقية تريبس)

Trade Related Aspects of Intellectual Property Rights :- A Concise Guide to the TRIPs Agreement



عرض أ. شايع الشايع

هذا الكتاب للمؤلف: د بليكني (Michael Blakeney) للناشر: سويت وماكسويل (Sweet & Maxwell) لندن – ١٩٩٦ هو أحد المنشورات محدودة العدد التي تناولت اتفاقية جوانب حقوق الملكية الفكرية المتصلة بالتجارة (تريبس) والتي بدأ التزام الدول الصناعية الأعضاء في منظمة التجارة العالمية بها في عام ١٩٩٥م، وتستعد الدول النامية الأعضاء للالتزام بها مع حلول عام ٢٠٠٠م. ذكر المؤلف في مقدمة الكتاب أن إقرار تلك الاتفاقية في مراكش عام ١٩٩٤م كاحد ملاحق اتفاقية إنشاء منظمة التجارة العالمية يعتبر من أكبر التطورات التي حدثت في التشريع الدولي للملكية الفكرية خلال القرن الحالي.

وتظهر هذه الاتفاقية بعد فشل كل من اتفاقيتي باريس وبرن في محاربة النمو الملحوظ في الاتجار الدولي في المنتجات المقلدة والمنتهكة لحقوق الملكية الفكرية. وقد تضمنت الاتفاقية أجزاء من اتفاقيات باريس وبرن وروما واشنطن فيما يتعلق بالمعايير، كما تضمنت أحكاماً في الأمور الإدارية والإنفاذ القضائي لحقوق الملكية الفكرية، كذلك تضمنت أحكاماً في الإنفاذ على الحدود لمحاربة المتاجرة في المواد المنتهكة لأحكامها.

تظهر أهمية الكتاب في الحاجة إلى جمع شتات أحكام اتفاقية تريبس والاتفاقيات التي تشير إليها وعرضها طبقاً للمواضيع التي تتناولها، كذلك تتضح أهميته في المعلومات التي يتضمنها خارج إطار النصوص القانونية للاتفاقية حيث يجمع المؤلف عند تناوله للمواضيع بين التقديم التاريخي ونص الاتفاقية ومعناه وما يترتب عليه كما ينقل القاريء أحياناً إلى مفهوم المحاكم ويغطي أمثلة لتقريب المفهوم القائم للتطبيق، وقد يعلق على نص معين مبديا تخوفاته إزاءه .

تم تقسيم الكتاب من خلال ٢٢٣ صفحة من القطع المتوسط إلى خمسة عشر موضوعاً، وتم إلحاقه بملحقين تناول أحدهما دور الملكية الفكرية في التنمية الاقتصادية وتضمن الثاني نص اتفاقية تريبس، وقد دمجت موضوعات الكتاب في ثلاثة أجزاء سيتم استعراضها فيما يلي:

يهدف الجزء الأول من الكتاب إلى إعطاء خلفية حول اتفاقية تريبس ومقدمة لها. وحول نشوء اتفاقية تريبس تحدث المؤلف عن بدايات تناول الملكية الفكرية كنشاط تجاري ودولي ونجاح الولايات المتحدة في إدخال الملكية الفكرية ضمن المواضيع التي يتم التفاوض حولها خلال جولة الاوروغواي وردود فعل الدول النامية والاستراتيجية التي اتبعتها الولايات المتحدة كبديل ومدعم لمفاوضاتها في هذا الشان، والذي تمثل في إظهار تعديلات رئيسية في القوانين التجارية لها لضمان التزام شركائها التجاريين بحماية الملكية الفكرية بفعالية وإلا واجهوا عقوبات تجارية، وانتهاء الجولة بالاتفاق على نص تريبس كاحد ملاحق اتفاقية إنشاء منظمة التجارة العالمية.

عند تناول مفاهيم وتعاريف حقوق الملكية الفكرية ومؤسساتها الدولية تم التطرق إلى أصناف الملكية الفكرية، وقام المؤلف بإعطاء فكرة أولية عن كل صنف من الأصناف التالية :- حقوق المؤلف والحقوق المشابهة - براءات الاختراع والأشكال الاخرى لحماية الاختراعات - النماذج الصناعية - التصاميم التخطيطية للدوائر المتكاملة - العلامات التجارية - العلامات الجغرافية ومصدر المنشأ - المعلومات السرية - حقوق التقنية الحيوية والأصناف النباتية .

وقد تم تعريف كل من تلك الحقوق والحق الناشيء عن الحماية، بعد ذلك تم تناول الحماية الدولية لحقوق الملكية الفكرية حيث تم التطرق إلى اتفاقيات الحماية الدولية لحق المؤلف (اهمها اتفاقية بيرن لحماية الملكية الأدبية والفنية) و إلى الحماية الدولية لحقوق الملكية الصناعية (معاهدة باريس لحماية الملكية الصناعية) . تم بعد ذلك التطرق إلى الوكالات الدولية المهتمة بالملكية الفكرية حيث أعطى المؤلف نبذة عن أنشطة الملكية الفكرية لكل من: المنظمة العالمية للملكية الفكرية (ويبو) ومنظمة الامم المتحدة للتربية والثقافة والعلوم (يونسكو) ومؤتمر الامم المتحدة للتجارة والتنمية (انكتاد) ومنظمة التجارة العالمية حيث سلط الضوء على إنشاء الاتفاقية العامة للتجارة والتعرفة الجمركية (الجات) ونبذة تاريخية عن مفاوضات هذه المنظمة وحتى قيامها.

تلى ذلك استعراض الأحكام العامة والمبادىء الأساسية في اتفاقية (تريبس) والذي تضمنها الجزء الأول من الاتفاقية، فتمت الإشارة إلى أن أحكام (تريبس) تعتبر المعايير الدنيا المقبولة من الأعضاء لحماية الملكية الفكرية كما تم تعريف المواطنون المستفيدون من الاتفاقية، والتطرق الى أثر معاهدات الملكية الفكرية القائمة، تناول المؤلف بعد ذلك مبدأ المعاملة الوطنية ومبدأ المعاملة الخاصة بحق الدولة الأولى بالرعاية، ثم تم استعراض معالجة مسألة انقضاء حقوق الملكية الفكرية وما أكدته الاتفاقية من أن هدف حماية وإنفاذ الملكية الفكرية هو الإسهام في نقل التقنية. كذلك تم استعراض جواز اعتماد تدابير لخدمة المصلحة العامة شرط اتساقها مع الاتفاقية وجواز اتخاذ تدابير لمنع مالكي الحقوق من إساءة استخدامها وجواز اعتماد تدابير لحماية الصحة العامة والتغذية بما يتسق مع الاتفاقية. وقد ألمح المؤلف إلى العمومية التي تناولت فيها الاتفاقية المواضيع السابقة مقارنة بالتفصيل

الواسع بالنسبة للأحكام التي تناولت منح الحقوق وإنفاذ الأحكام.

تطرق **الجزء الثاني** من الكتاب إلى حماية حقوق ملكية فكرية محددة ضمن إطار اتفاقية (تريبس)، وقد تدرج المؤلف في استعراض أصناف حقوق الملكية الفكرية التي غطتها الاتفاقية حسب ورودها في نص الاتفاقية.

تناول المؤلف في المقام الأول حقوق المؤلف والحقوق المتعلقة بها حيث أوضح العلاقة بين الاتفاقية واتفاقية بيرن وما اوجبته الاتفاقية من الالتزام بأحكام المواد (١) إلى (٢١) من اتفاقية بيرن، وهي جميع الأحكام الموضوعية للاتفاقية.

تشمل مواضيع الحماية لحقوق المؤلف والحقوق المشابهة بموجب اتفاقية (تريبس) جميع مواضيع الحماية التي حددتها اتفاقية بيرن، التي نصت على أنها تشمل كل إنتاج في المجال الأدبي والعلمي والفني أيا كانت طريقة وشكل التعبير عنه مثل: الكتب والكتيبات، والمحاضرات، والخطب، والمواعظ، والمصنفات المسرحية، والمصنفات التي تؤدى بحركات، والمصنفات الموسيقية، والمصنفات السينمائية، والمصنفات الخاصة بالرسم والتصوير والعمارة أوالنحت أو الحفر أوالطباعة على الحجر، والمصنفات الفوتوغرافية، والمصنفات الخاصة بالفنون التطبيقية والصور التوضيحية والخرائط الجغرافية والتصميمات التخطيطية، والمصنفات المجسمة. كذلك تم اعتبار الترجمات وما يجري على المصنف الأدبي والفني من تحويلات ومجموعات المصنفات الأدبية والتقنية كدوائر المعارف أعمالاً أصلية.

أدخلت اتفاقية تريبس ضمن مواضيع الحماية برامج الحاسب الآلي ومجموعات البيانات، كما أضافت حماية المؤدين ومنتجي التسجيلات الصوتية وهيئات الإذاعة من تثبيت أدائهم ومادتهم المبثوثة أو استنساخ التسجيلات الصوتية دون موافقة مسبقة. بعد ذلك تم استعراض الحق الناشيء بموجب حقوق المؤلف، فبالنسبة للأعمال الأدبية أوضح أن لأصحابها الحق الحصري بالتصريح بعمل نسخ من مصنفهم بما في ذلك النسخ الصوتية أو المرئية، وبإذاعة مصنفاتهم وترجمتها وبتحويرها للانتاج السينمائي وتمثيلها وأدائها أمام الجمهور. كما تم استعراض الحق الناشيء لأصحاب المصنفات المسرحية والمصنفات السينمائية وحق المؤدين، وحق منتجي التسجيلات الصوتية، وحق هيئات الإذاعة. تم بعد ذلك تناول الاستخدام المسموح به من حق المؤلف والذي يشمل الاقتباس، والاستعمال للأغراض التعليمية، ونقل المقالات المنشورة بالصحف عن موضوعات جارية. ثم بعد ذلك استعراض النص المتعلق ببرامج الحاسب الآلي، ثم تم تناول قواعد البيانات وبيان أن الحماية تنحصر في تجميع البيانات إذا كان التجميع يشكل خلقاً فكرياً، وفي هذا المجال أبدى المؤلف تخوفه من عدم انطباق ذلك على معظم قواعد البيانات الاليكترونية. ثم تم تناول مدة الحماية والتي تمتد بموجب اتفاقية بيرن طوال حياة المؤلف و ٥٠ سنة بعد وفاته، أما المصنفات الفوتوغرافية ومصنفات الفن التطبيقي فتمتد الحماية فيها إلى ٢٥ سنة، بينما تمتد حقوق هيئات الاذاعة لمدة ٢٠سنة. كذلك تمت الإشارة إلى أن الدول غير ملزمة بحماية الحقوق المعنوية.

تم بعد ذلك التطرق إلى العلامات التجارية حيث تم التطرق إلى العلامات القابلة للحماية، وتم التركيز على اشتراط تميز العلامة، وإلى الإشارات القابلة للتسجيل والاستثناءات من التسجيل، حيث تضمن ذلك تسجيل مايشابه العلامات المشهورة وشعارات الدول وإخلال العلامة بحق آخرين والعلامات المخلة بالأخلاق، تم بعد ذلك إيضاح جواز اشتراط الدول استخدام العلامة لاستمرار حمايتها. كذلك تناول المؤلف الحق الممنوح بموجب العلامة وأنه الحق الحصري في منع الآخرين من استخدام العلامة أو مماثلتها في المجال الذي منحت له مما يحدث التباساً. ثم تطرق المؤلف بعد ذلك إلى وجوب إتاحة تجديدات فترات الحماية كل سبع سنوات على الأقل لعدد غير محدود من التجديدات. بعد ذلك تم تناول الالتزام بحماية العلامات المشهورة ثم التطرق إلى إجراءات التسجيل (الايداع والفحص والمنح والنشر)، ثم تناول الترخيص والتنازل وبعدها ذكر منع اتفاقية تريبس من منح التراخيص الإجبارية في مجال العلامات.

بعد ذلك تم التطرق إلى المؤشرات الجغرافية كأحد الأصناف التي يجب الالتزام بحمايتها، وتعرّفها الاتفاقية بأنها المؤشرات التي تحدد منشأ سلعة ما في أراضي بلد عضو حين تكون النوعية أو السمعة أو السمات الأخرى لهذه السلعة راجعة بصورة أساسية إلى منشئها الجغرافي، وتم تحديد الأعمال الممنوعة بأنها استخدام أي وسيلة في تسمية أو عرض سلعة توحي بأن السلعة نشأت في منطقة خلاف المنشأ الحقيقي لها، وتم تناول إفراد أحكام للمؤشرات الجغرافية الخاصة بالخمور وأسباب ذلك، تلى ذلك تناول الالتزامات الدولية ودور مجلس تريبس في هذا الشأن.

بعد ذلك تم التطرق إلى التصميمات الصناعية كأحد المواضيع التي يجب حمايتها، ويقصد بالتصميم الصناعي أي تركيب للخطوط أو الألوان أو أي شكل ثلاثي الأبعاد على أن يضفي هذا التركيب أو الشكل مظهراً خاصاً لمنتج صناعي أو حرفي. وقد أوجبت (تريبس) حماية التصميمات الصناعية الجديدة واستثنت من الحماية التصميمات التي تمليها الاعتبارات الفنية أو الوظيفية، ونصت على فترة حماية لاتقل عن عشر سنوات، وأوجدت أحكاماً خاصة لتصاميم المنسوجات وأجازت أن تتم حماية المنسوجات من خلال حقوق المؤلف، وكفلت لصاحب التصميم الحق في منع الآخرين من صنع أو بيع أو استيراد السلع المشتملة على تصميم عبارة عن نسخة أو معظمه نسخة من تصميم محمي دون موافقة صاحب التصميم، وتم تأكيد عدم جواز إسقاط الحماية لعدم الاستغلال بالتصنيع.

تلى ذلك تناول الكتاب موضوع براءات الاختراع حيث أوجبت الاتفاقية ـ بوجه عام ـ حماية أي اختراعات سواء منتجات أم طرق صنع في مختلف حقول التقنية دون تمييز من حيث مكان الاختراع والمجال التقني وما إذا كانت المنتجات مصنعة محلياً أم مستوردة. بعد ذلك تم تناول الاستثناءات من الحكم العام السابق من القابلية للحصول على براءة. كذلك تم استعراض معايير قابلية الحصول على براءة الاختراع وهي وجوب كون الاختراع جديداً ومنطوياً على خطوة ابتكارية وقابلاً للتطبيق الصناعي. ثم تطرق إلى اشتراط الكشف عن الاختراع بشكل واضح، وإلى الحقوق الحصرية التي يلزم منحها لمالك البراءة المتمثلة في صنع المنتج واستخدامه وبيعه وعرضه للبيع واستيراده، وبالنسبة لطريقة الصنع فإن لمالكها الحق الحصري في استخدام الطريقة وذات الحقوق المذكورة سابقاً لما ينتج عنها، تلى ذلك التطرق إلى مدة الحماية والتي حددت بـ ٢٠ سنة من تاريخ الإيداع. بعد ذلك تناول المؤلف التراخيص الإجبارية، وهي التراخيص التي تمنحها الدولة باستخدام براءة اختراع حتى دون موافقة مالكها، حيث تم تناول أحكام اتفاقية باريس و(تريبس) في هذا الاطار والتغييرات المتشددة التي أظهرتها اتفاقية (تريبس) في منع هذه التراخيص حيث تم تحديد أسس منحها في الطواريء الوطنية والممارسات غير التنافسية والاستخدام العام غير التجاري وحماية الصحة العامة والتغذية، ولخدمة المصلحة العامة في مجالات حيوية، ولمواجهة إساءة استخدام مالكي الحقوق للحقوق الممنوحة لهم. ثم تلى ذلك تناول وجوب إتاحة قرارات إسقاط البراءة للنظر فيها من قبل السلطات القضائية، وتناول نقل عبء الإثبات على المدعى عليه في حالات دعوى التعدي على براءات الاختراع المتعلقة بطرق الصنع، وأخيراً تم التطرق إلى حماية المستحضرات الصيدلية والكيميائية الزراعية، والأحكام الخاصة بها.

تطرق الكتاب بعد ذلك إلى التصميمات التخطيطية للدوائر المتكاملة، ثم تعريف الدائرة المتكاملة في المنتج الذي تكوّن فيه العناصر وبعض أو كل الوصلات جزءاً لا يتجزأ من قطعة من المادة ويكون الغرض منها أداء وظيفة اليكترونية، أما التصميم التخطيطي فقد تم تعريفه بأنه أي ترتيب ثلاثي الأبعاد للعناصر ولبعض الوصلات أو كلها لدائرة متكاملة. وقد تبنت (تريبس) الأحكام الرئيسية في معاهدة الملكية الفكرية فيما يختص بالدوائر المتكاملة (معاهدة واشنطن) التي أوجبت

حماية التصاميم التخطيطية للدوائر المتكاملة بما في ذلك منع الأعمال غير القانونية وفرض التعويضات في حالة التعدي . وكفلت الحماية للدائرة المتكاملة سواء كانت مستقلة أم ضمن جهاز . وأوجبت لمنح الحماية كون التصاميم أصلية بأن تكون ثمرة جهد مبتكر ولم تكن مألوفة لدى مبتكري التصميمات .

تطرق الكتاب إلي الأعمال غير القانونية ذاكراً أنها استنساخ التصميم المحمي أو استيراد أو بيع أو توزيع تصميم محمي واستيراد أو بيع أو توزيع أي سلعة تتضمن تصميماً منسوخاً بطريقة غير مشروعة. ونصت على استثناءات لحالات باعتبارها ضمن أعمال التعدي مثل الهندسة العكسية والتعدي بحسن نية ، بعد ذلك تم تناول الأحكام المتعلقة بالتسجيل ثم مدة الحماية والتي حددت بعشر سنوات .

تطرق الكتاب إلى حماية المعلومات السرية ضمن حقوق المليكة الفكرية حيث أوجبت الاتفاقية الالتزام بحمايتها ، مشيراً إلى أن المعلومات السرية هي المعلومات التي تكون سرية من حيث أنها ليست معروفة عادة لدى المتعاملين في مثل هذه المعلومات ، أو تكون ذات قيمة تجارية نظراً لكونها سرية أو تكون قد أخضعت لاجراءات بهدف الحفاظ على سريتها ، كذلك أوجبت الاتفاقية حماية بيانات الاختبارات التي يتم تقديمها إلى الجهات الحكومية بهدف الحصول على إذن التسويق والمتعلقة بالمنتجات الصيدلانية والكيميائيات الزراعية .

تم تضمين أحكام حول الرقابة على الممارسات غير التنافسية في التراخيص التعاقدية، وتقرر هذه الأحكام أنه قد يكون لممارسات أو شروط منح التراخيص المتعلقة بحقوق الملكية الفكرية المقيدة للمنافسة آثار سلبية على التجارة وعلى نقل التقنية ، وأجازت الأحكام للأعضاء أن تحدد في تشريعاتها الممارسات أو شروط التراخيص التي يمكن أن تشكل إساءة لاستخدام حقوق الملكية الفكرية لكونها ذات أثر سلبي على المنافسة في السوق ذات الصلة، ويلبي هذا الحكم ماتم إقراره دولياً ضمن المدونة الدولية للسلوك في نقل التقنية في إطار أعمال (الأنكتاد)، كذلك تتيح هذه الأحكام الدخول في مشاورات بين الأعضاء بهدف ضمان الالتزام بقوانين المنافسة، وقد توسع المؤلف في هذا المجال مما قد يكون مفيداً للدول الراغبة في النص في تشريعاتهاعلى تقييدات بشأن شروط التراخيص التي تعتبر أن لها أثراً سلبياً على المنافسة.

تناول **الجزء الثالث** من الكتاب أحكام الإدارة والإنفاذ لحقوق الملكية الفكرية بموجب اتفاقية تريبس، ولأحكام هذا الجزء أهمية إذا تمت مراعاة أن الدافع الاساسي وراء إدخال الملكية الفكرية ضمن مواضيع جولة الأروغواي بسبب أن الاتفاقات الدولية الموجودة في هذا المجال لاتتضمن إنفاذاً فعالاً، وبموجب الجزء الثالث من الاتفاقية على الأعضاء إيجاد نظام إنفاذ شامل.

تم التطرق إلى الأحكام المتعلقة باكتساب واستمرار حقوق الملكية الفكرية، وباستثناء حقوق المؤلف والمعلومات السرية فإن اكتساب الحق ينتج عن استيفاء متطلبات التسجيل، وقد أجازت الاتفاقية النص على استيفاء شكليات معقولة إلا أنها منعت أن تكون إجراءات المنح والإنفاذ كعائق للتجارة ، وأوجبت أن تتاح الفرصة لجعل القرارات الإدارية النهائية موضع إعادة نظر فيها أمام السلطات القضائية أو شبه القضائية.

تناول الجزء الثالث كذلك إجراءات إنفاذ حقوق الملكية الفكرية، حيث تمت الإشارة إلى أن المتطلبات العامة في الإنفاذ توجب على كل دولة تضمين تشريعاتها لأحكام الإنفاذ المنصوص عليها في الاتفاقية، وتوجب الاتفاقية إتاحة إجراءات قضائية مدنية منصفة وعادلة، كذلك توجب منح السلطات القضائية صلاحية إصدار أمر قضائي باتخاذ تدابير مؤقتة فورية وفعالة للحيلولة دون حدوث تعد لاسيما منع السلع المستوردة فور تخليصها جُمركياً من الدخول في القنوات التجارية، كما نصت على صلاحيتها في إصدار أمر قضائي ضد المتعدي لدفع تعويضات إلى صاحب الحق عن الضرر الناتج بسبب التعدي خاصة إذا كان المتعدي يعلم أو أن هناك أسباب تجعله يعلم بأنه يقوم بتعد على الحقوق، كذلك لها صلاحية الأمر بالتصرف في السلع التي تشكل تعدياً خارج القنوات التجارية بما في ذلك صلاحية الأمر بإتلاف تلك السلع والأجهزة المستخدمة في صنعها، كذلك لها صلاحية أمر المتعدي بإعلام صاحب الحق بالأطراف الأخرى المشتركة في التعدي ، وأتاحت الاتفاقية تعويضات للمدعى عليه إذا انسحب المدعي أو ثبت عدم جدية الادعاء ولحق المدعى عليه ضرر نتيجة لذلك.

عند التطرق إلى أحكام إنفاذ حقوق الملكية الفكرية تناول المؤلف وظيفة ضبط المنافذ الحدودية والتي تعد ضمن المسلتزمات الأساسية التي أوجبتها الاتفاقية على الدول ، وذلك نظراً لما للسلطات الجمركية من أثر فعّال في المساعدة على منع دخول السلع المتعدية حيث أن مصادرتها خلال مرورها بالجمارك أكفأ بكثير من ملاحقتها في الأسواق . وإدراكاً لما أوجدته الاتفاقية من التزامات على السلطات الجمركية تم تعديل مجلس التنسيق الجمركي إلى منظمة الجمارك العالمية، وقد أتاحت الاتفاقية آلية يمكن بموجبها إيقاف الإفراج من جانب السلطات الجمركية عن السلع المشتبه بتعديها على العلامات التجارية أو على حقوق المؤلف بموجب طلب يقدمه أي صاحب حق ، ويتضمن بيانات عن السلع المتعدية، على أن يقدم ضمانات وكفالات لحماية المدعى عليهم، وأن يتم إخطار المعنيين بالأمر فوراً بقرار وقف الافراج عن السلع وأن يلي وقف الافراج إجراءات قضائية من المدعي خلال فترة لاتتجاوز ١٠ أيام عمل وإلا تم الإفراج عن السلع مع تعويض المستورد ومالك السلع عن أي أضرار لحقت بهما. أجازت الاتفاقية تزويد المدعي بكثير من المعلومات حول التعدي ودور الأطراف الأخرى ، كما أتاحت للمدعي والمستورد إمكانية معاينة السلع المحتجزة. ونصت الاتفاقية كذلك على إمكانية الأمر بإتلاف السلع المتعدية أو التخلص منها خارج القنوات التجارية مع عدم الاكتفاء بإزالة العلامة المقلدة وعدم السماح بإعادة تصدير السلع دون تغيير حالتها، كذلك نصت الاتفاقية على وجوب تطبيق إجراءات وعقوبات جنائية في حالات التقليد المتعمد للعلامات أو التعدي على حقوق المؤلف على نطاق تجاري، وتشمل العقوبات الجنائية السجن والغرامات على المتعدي عمداً والحجز والمصادرة والإتلاف للسلع المتعدية وأية مواد أخرى تستخدم في ارتكاب المخالفة.

تناول الكتاب في نهاية الجزء الثالث الأحكام المتعلقة بمنع وتسوية النزاعات وأحكاماً متفرقة أخرى، تتضمن إلزام الأعضاء بنشر وتزويد المنظمة بالقوانين واللوائح وأي تحديثات لها وتزويد أي عضو بأي معلومات ـ كنصوص الاحكام القضائية مثلاً ـ يقوم بطلبها حيث ربطت الاتفاقية آلية تسوية النزاعات بالمادتين (٢٢) ، (٢٣) من جات ١٩٩٤م وكما نصت عليه مذكرة التفاهم بشأن تسوية النزاعات . وتنص الآلية المذكورة على إتاحة فرصة المشاورات وعلى الأحقية في تقديم العضو شكوى إلى من يعتقد أنه يضر بمصالحه ويقوم الشاكي إذا لم ينجح في المساعي بتقديم شكوى إلى الدول الأعضاء والتي تقوم بتشكيل فريق يرفع تقريره إلى مجلس (تريبس) لتتخذ الدول إجراءات بشأن النزاع . وفضلاً عن ذلك نصت الاتفاقية على منح الدول الصناعية مهلة سنة للتطبيق والدول النامية أربع سنوات إضافية، أما الدول الأقل نمواً فلها عشر سنوات وذلك من تاريخ نفاذ اتفاقية (إيجاد) المنظمة (عام ١٩٩٤م)، كما تم تناول الأحكام المتعلقة بمجلس (تريبس) وأعماله المتمثلة في مراقبة تطبيق الاتفاقية ومراجعة التطبيق والتعديل ، والحكم المتعلق بعدم جواز التحفظ على أحكامها والمتعلق بالاستثناءات الأمنية.

من أهم ما تميز به الكتاب حيادية الكتاب في عدم تبني وجهات نظر الدول الصناعية إزاء أحكام الاتفاقية والتي تركز عادة على ما يخدم مصالحها مع إغفال الأحكام الأخرى ، كذلك إحاطة الكاتب بمختلف جوانب الموضوعات التي تغطيها الاتفاقية .

وإذا كان لابد من الإشارة إلى أن تعليق إزاء هذا العمل الجيد فإنه يلاحظ خلو الكتاب من تقديم يعرض مكونات الكتاب وأجزاءه واستراتيجية المؤلف في تناول مواضعيه مما أدى إلى ظهور ملاحق الكتاب (خاصة الملحق الأول) كمواضيع تم إقحامها دون الإشارة إليها في المتن.

من أجل فلذات أكبادنا

حركة اليابسة

عندما تنظر إلى خريطة العالم يتبادر إلى ذهنك أن القارات تبدو وكأنها مكملة لبعضها البعض، إلا أن المحيطات والبحار تفصلها. تعرضت الأرض منذ أن خلقها الله وبقدرته تعالى إلى تغيرات جوهرية حتى أصبحت على الصورة التي نراها الآن.

وقد لفت انتباه علماء الأرض شكل القارات الحالى، و تشابه الحفريات الموجودة فيها ـ مع وجود المسطحات المائية الواسعة التي تفصل بينها ـ مما ينبيء عن تشابه الكائنات الحية التي عاشت فيها في قديم الزمان، وقد عزز هذا الاعتقاد أن القارات الحالية كانت مندمجة مع بعضها في قارة واحدة أطلق عليها العلماء اسم **بانجيا** (**Pangaea**)، ومن خلال السطور التالية سنقدم تجربة بسيطة تؤيد هذا الاعتقاد .

● الأدوات

خريطة العالم، قلم رصاص، ورق رسم، ورق كرتون رقيق، غراء، مقص .

● خطوات العمل

١ـ ضع ورق الرسم على الخريطة، وارسم حدود القارات شكل (١) .

٢ـ إلصق ورق الرسم (باستخدام الغراء) على قطعة الكرتون الرقيق .

٣ـ قص القارات باستخدام المقص .

٤ـ رتب القارات مع بعضها كما في الشكل (٢) .

هل تتوقع أن القارات ستكمل تماماً بعضها البعض ؟

● المشاهدة

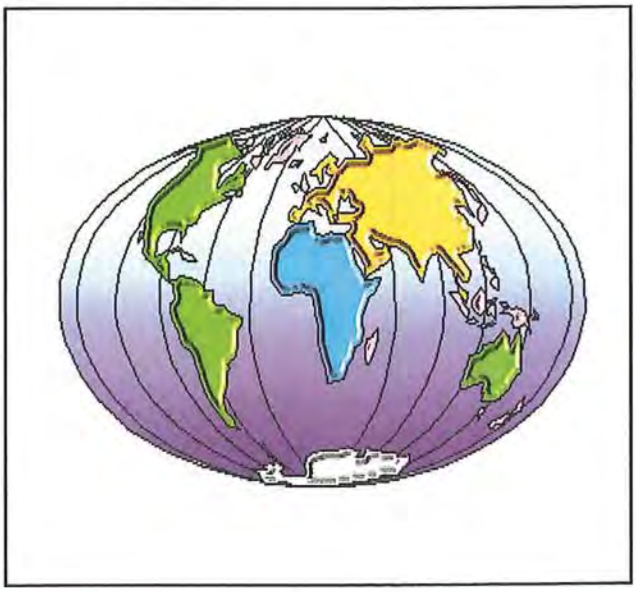
ستشاهد أن القارات ستكمل بعضها البعض معطية قارة واحدة، مع وجود بعض الفجوات التي تمثل حافات القارات المغمورة تحت البحر .

● الإستنتاج

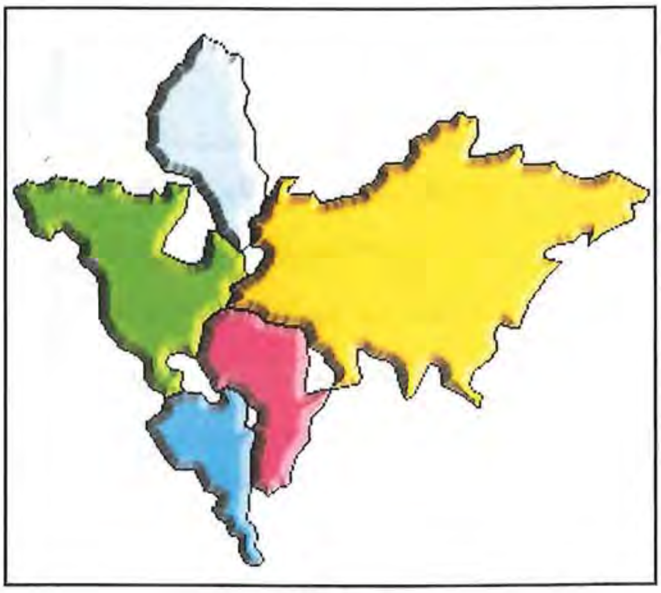
يستنتج العلماء من هذه التجربة أن الأرض كانت قارة واحدة، ولكن بسبب حركة طبقات الأرض المختلفة خلال ملايين السنين أدى وبمشيئة الله إلى انفصالها إلى عدة قارات، والله أعلم .

المصدر :

Young Scientist / The Plant Earth, P. 14.



شكل (١)



شكل (٢)

مساحة للتفكير

مسابقة العدد

الأبواب والمفاتيح

سافر عشرة رجال من الرياض إلى الدمام . وفي الطريق توقفوا عند إحدى محطات الوقود فقرروا أن يستريحوا بعض الوقت حيث يوجد في تلك المحطة غرف للإيجار ، فذهب الرجال العشرة إلى المسؤول عن الغرف ، فقال لهم : لدي عشر غرف وجميعها مقفلة الأبواب في الوقت الحاضر ، ولدي عشرة مفاتيح ، مفتاح لكل باب ، ولكن لا أعرف أي مفتاح من العشرة لأي غرفة من العشر ، ويسعدني أن أسكن مجاناً الشخص الذي يستطيع معرفة أكبر عدد من المحاولات لتحديد مفتاح كل غرفة من الغرف العشر .

*** فهل بالإمكان تحديد ذلك العدد ؟**

أعزاءنا القراء

إذا استطعتم معرفة الإجابة على مسابقة « **الأبواب والمفاتيح** » فأرسلوا إجاباتكم على عنوان المجلة مع التقيد بما يأتي : ـ

١ ـ ترفق طريقة الحل مع الإجابة .

٢ ـ تكتب الإجابة وطريقة الحل بشكل واضح ومقروء .

٣ ـ يوضع عنوان المرسل كاملاً .

سوف يتم السحب على الإجابات الصحيحة التي تحتوي على طريقة الحل ، وسيمنح ثلاثة من أصحاب الإجابة الصحيحة جوائز قيمة ، كما سيتم نشر أسمائهم مع الحل في العدد المقبل إن شاء الله .

حل مسابقة العدد الثاني والأربعين

الرقم المفقود

في كثير من القضايا التي تواجه الإنسان في حياته اليومية قد يتبادر إلى ذهنه في أول الأمر صعوبة حلها ، وقد يضطره ذلك إلى سلوك طرق معقدة لذلك ، إلا أنه لو أمعن النظر ودقق فيها لأمكنه حلها بطريقة بسيطة جداً ، ينطبق ذلك على كثير من أسئلة المسابقات التي تنشر في كثير من الدوريات ، وتنطبق هذه القاعدة على مسابقة العدد السابق من مجلة « العلوم والتقنية » فالمتوقع أن القارىء عندما يقرأ السؤال سيتبادر إلى ذهنه فرضيات ومعادلات ذات مجهول واحد وذات مجهولين ، حتى يصل إلى الحل ، وبالتأكيد سيصل إلى الحل ، إلا أن الهدف من هذا السؤال هو اختبار فطنة وذكاء القارىء وليس الحل النهائي ، وعليه فإن حل السؤال السابق « **الرقم المفقود** » يتمثل بكل بساطة في الفرق بين مجموع الأعداد الرأسية والأعداد الأفقية كالتالي :

* مجموع الأعداد الرأسية : ٢٨+٣٠+٢٠+١٦=٩٤
* مجموع الأعداد الأفقية : ٣٠+٢٠+١٩ = ٦٩
* **الرقم المفقود : ٩٤ - ٦٩ = ٢٥**

أعزاءنا القراء

تلقت المجلة العديد من الرسائل التي تحمل حل مسابقة **العدد الثاني والأربعين « الرقم المفقود »** ، وقد تم استبعاد جميع الحلول التي لم تستوف شروط المسابق وكذلك الرسائل التي وصلت متأخرة عن الموعد المحدد . وبعد فرز الحلول وإجراء القرعة على الحلول الصحيحة فاز كلاً من :-

١- مسعود تنت كاشي برايل ص.ب ٢٤٥٥ الرياض ١١٤٥١.
٢- عبد الرحمن بن محمد آل إبراهيم ص.ب ٦٠٨٦ الرياض ١١٤٤٢ .
٣- محمد عبد الرحمن دمشقي ص.ب ٢٤٥٥ الرياض ١١٤٥١ .

ويسعدنا أن نقدم للفائزين هدايا قيمة ، سيتم إرسالها لهم على عناوينهم ، كما نتمنى لمن لم يحالفهم الحظ ، حظاً وافراً في مسابقات الأعداد القادمة .

بحوث علمية

تقييم أداء محطات تنقية مياه الشرب بمدينة الرياض ودراسة بدائل المعالجة الكيميائية

نظراً للتطور الكبير الذي شهدته مدينة الرياض خلال العقدين الماضيين، وما تبعه من ارتفاع كبير في استهلاك المياه في الأغراض المختلفة، دل على ذلك زيادة معدل استهلاك الفرد من المياه من ١٤٠لتر/يوم عام ١٣٩٠هـ إلى ٤٤٨لتر/يوم عام ١٤١٤هـ. ومساهمة من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية في تمويل المشروعات البحثية التطبيقية التي تسهم في المحافظة على الثروة المائية بمدن المملكة، وإيجاد مصادر بديلة لمياه الشرب، قامت المدينة بتمويل مشروع بحثي تحت عنوان «تقييم أداء محطات تنقية مياه الشرب بمدينة الرياض ودراسة بدائل المعالجة الكيميائية».

وقد تم إجراء هذا البحث في كلية الهندسة، جامعة الملك سعود بالرياض، في الفترة من ١٤١٣هـ إلى ١٤١٦هـ وقام بدور الباحث الرئيس للمشروع **الدكتور عبد الله محمد الرحيلي**.

أهداف المشروع:

يمكن حصر أهداف المشروع فيما يلي:

١ ـ دراسة أنظمة تشغيل محطات تنقية مياه الشرب بمدينة الرياض لمعرفة ظروف التشغيل الحالية ومدى مرونة هذه الأنظمة لإمكانية التعديل.

٢ ـ تقييم معدلات التجريع (Dosage) للمواد الكيميائية المستخدمة حالياً لمعرفة مدى فعاليتها، ومقارنتها بالمعدلات المثالية.

٣ ـ تقييم فعالية بعض المواد الكيميائية البديلة مع المحافظة على نوعية المياه المعالجة بعد عملية الترشيح بحيث تفي بالمواصفات المطلوبة للمياه الداخلة إلى عملية التناضح العكسي.

٤ ـ اقتراح التعديلات الملائمة على أنظمة التشغيل ومعدلات التجريع والمواد الكيميائية البديلة وفقا لنتائج الدراسة مع الأخذ في الاعتبار إمكانيات المحطات والتكاليف المترتبة على ذلك.

خطوات البحث

تم إنجاز البحث من خلال إجراء عدة دراسات هي:

١ ـ إختيار محطتي مياه الشميسي والبويب ـ تمثلان غالبية المحطات القائمة في مدينة الرياض ـ لإجراء الدراسة الميدانية عليهما، ثم تطبيق النتائج التي تم الحصول عليها على محطة مياه الملز، وتقييم النتائج لعمل دراسة اقتصادية.

٢ ـ إجراء عدد كبير من اختبارات الدوارق على مياه محطتي الشميسي والبويب باستخدام مادة أو أكثر من المواد الكيميائية المستخدمة حالياً في المحطات ومواد أخرى بديلة.

٣ ـ اختيار مجموعة من المواد الكيميائية بجرعات مناسبة ـ على ضوء نتائج اختبارات الدوارق المذكورة أعلاه ـ واختبارها على محطة مياه تجريبية تحاكي عمليات المعالجة الكيميائية والترشيح في كل من محطتي الشميسي والبويب.

٤ ـ تصميم وتركيب محطتين تجريبيتين تشملان عمليات الترسيب والترشيح ومتطلباتهما من أنظمة تجريع وغسيل، وتجريب عدد من المواد الكيميائية، وظروف التشغيل.

٥ ـ اختيار مواد كيميائية وجرعات ـ على ضوء نتائج اختبارات المحطات التجريبية ـ تعد الأقرب إلى الجرعات المثالية وذلك لدراستها بطريقة فعلية على إحدى المحطات.

٦ ـ تطبيق نتائج الدراسة على محطة مياه الملز من خلال عمل دراسة مستفيضة على جميع المياه الداخلة للمحطة باستخدام المواد الكيميائية والجرعات المناسبة.

نتائج البحث

تمثلت النتائج الخاصة بالتجارب الفعلية على محطة مياه الملز فيما يلي:

١ ـ إمكانية استخدام جرعات مثالية للمواد الكيميائية في محطات الملز والشميسي والمنفوحة وصلبوخ والبويب أقل من المعمول به حالياً، وبالتالي تخفيض تكلفة المواد الكيميائية المستخدمة في محطات تنقية المياه بنسبة ١٩٪، أي ما يعادل حوالي ٣,٧١ مليون ريال سنوياً.

٢ ـ تعد مادة الصودا الكاوية بديلاً مناسباً، ومنافساً اقتصادياً للمواد الكيميائية (الجير ورماد الصودا وألومينات الصوديوم) المستخدمة في محطات مياه الرياض، عدا محطة مياه البويب.

٣ ـ إمكانية خفض تكلفة المعالجة الكيميائية في محطة مياه الوسيع، وذلك بإعادة النظر في وضع المحطة الحالي، والبحث عن أسلوب مناسب لموازنة المياه بأقل تكلفة، ودون الحاجة إلى تشغيل المحطة كاملة.

التوصيات

توصي الدراسة بقيام مصلحة المياه والصرف الصحي بالرياض بإجراء عدة دراسات يمكن توضيحها فيما يلي:

١ ـ وضع برنامج دقيق لدراسة التجريع الكيميائي في كل محطة لتحديد الجرعات المستخدمة بدقة، مما يؤدي إلى تخفيض تكلفة المواد الكيميائية إلى أقل حد ممكن مع المحافظة على نوعية المياه المنتجة في الحدود المطلوبة.

٢ ـ تجريب استخدام مادة الصودا الكاوية على إحدى المحطات الصغيرة لمدة عام وذلك لتقييم إمكانية إحلالها بدلا من المواد الكيميائية المستعملة حالياً.

٣ ـ الاهتمام بصيانة ومعايرة جميع مكونات أنظمة التجريع للمحطات والتأكد من عملها بصورة جيدة على مدار الساعة.

٤ ـ النظر في رفع مستوى المعرفة لمشغلي المحطات بالعمليات الكيميائية التي تتم في كل محطة والإهتمام ببرامج التدريب والصيانة.

٥ ـ توثيق المعلومات والاستفادة منها في تقييم عمل المحطات.

٦ ـ إجراء دراسات على تحديد النوعية المطلوبة للمياه الداخلة لوحدات التناضح العكسي والتي يمكن أن تؤدي إلى تخفيض في استهلاك المواد الكيميائية.

هل من ماء بالمريخ ؟

أكتشف في عام ١٩٣١م وجود صخرة في غرب لافايت بولاية إنديانا في الولايات المتحدة يعتقد العلماء أنها سقطت من كوكب المريخ واستقرت في المكان المذكور . ومنذ ذلك الحين أطلق على هذه الصخرة نيزك لافايت (Lafayette Meteorite) .

ولكن الجديد في الأمر أن العلماء اكتشفوا حديثاً أن عمر هذا النيزك والتحليل الكيميائي لبعض أجزائه تشير إلى أن الماء كان يجري بالقرب من أو على سطح كوكب المريخ قبل حوالي ٧٠٠ مليون عام .

ويذكر **تيموثي سوندل** (Timothy D. Swindle) وزملاؤه من جامعة أريزونا في توسان بالولايات المتحدة ان دراساتهم أظهرت أن النيزك المذكور يحتوي على كميات كبيرة من خلائط الطين وأكاسيد الحديد التي لايمكن أن تتكون إلا في وجود الماء . وعند تحليل عشر عينات من النيزك بالنظائر المشعة اتضح أن تكوين خليط الطين وأكاسيد الحديد المذكورة يعود إلى ٢٧٤ إلى ٦٥٥ مليون سنة مضت ، وهي الفترة التي كانت فيه الصخرة بكوكب المريخ قبل أن تنفصل منه وتسقط على الأرض لأنها تفوق بكثير الفترة التي مكثت فيها على الأرض حتى الآن .

وفي دراسة سابقة أشارت مجموعة **سوندل** إلى كميات كبيرة من الزينون والكريبتون في الخليط المذكور ، وهي عناصر يعتقد بأن النيزك قد التقطها من غلاف المريخ أثناء مغادرته له في طريقه إلى كوكب الأرض .

ويفسر وجود الزينون والكريبتون مع خليط الطين وأكاسيد الحديد أن الماء كان موجوداً على سطح المريخ أو بالقرب منه قبل أقل من بليون عام مضت ، وبالتالي فإن ذلك قد يدلّل على وجود حياة في هذا الكوكب قبل مدة طويلة لم تكن تخطر على بال الباحثين .

المصدر :

Science News, Vol 151, April 1997, P.210

فوائد لبن الأم

رغم أن غالبية الأطفال الرضع يتعرضون لالتهابات بكتيريا كلورستريديوم ديفيسيل (Clostridium Difficile) ، إلا أنهم لا يصابون بالمرض إذا رضعوا من لبن أمهاتهم . تفرز البكتيريا المذكورة سموم (Toxins) من شأنها إصابة الكبار بإسهال قد يكون مصحوباً بالتهاب شديد في القولون . ورغم أن الفحوصات الطبية قد أوضحت وجود سموم البكتيريا في أمعاء الأطفال الرضع بكميات ممرضة للكبار إلا أنهم لايعانون من أي من الأمراض المعوية المذكورة .

ويقول **استيفن دلاس** (Steven D. Dallas) من جامعة تكساس التقنية للعلوم الصحية أن عدم تعرض الأطفال الرضع للأمراض المعوية يرجع إلى أن لبن الأم - حسب دراسة سابقة قام بها **ريل رولف** (Rial D. Rolfe) - يمنع السموم البكتيرية من الارتباط بخلايا الأمعاء .

فقد اتضح **لدلاس ورولف** أن حليب الأم يحتوى على كميات كبيرة من بروتين يطلق عليه المكون الإفرازي (Secretory Component) مسؤول عن وقاية الرضيع من السموم البكتيرية ، ويأتي البروتين المذكور إما طليقاً أو مرتبط بجلوبيولين المناعة . أ (Immunoglobulin A)، وهو بنوعية يعمل على منع السموم ، من الوصول لأمعاء الرضيع عن طريق التعلق والأمساك بالسموم وبذلك يحول دون ارتباطها بالأمعاء .

المصدر :

Science News, Vol. 121, May 1997, P322.

قليل من فيتامين - هـ يكفي

تلعب عدة ملوثات وعمليات حيوية دوراً هاماً في إطلاق جذور حرة (Free Radicals) ، وفضلاً عن ذلك فإن الجسم ينتج هذه الجذور لتحطيم الخلايا والمواد غير المرغوبة . غير أنه بتقدم العمر تصبح قدرة الجسم في كبح جماح الجذور الحرة غير كافية ، مما يؤدي إلى تعرض عدد كبير من الخلايا النشطة للتحطيم وظهور اعراض أمراض الإنحلال النسيجي (Degenerative Diseases) منها مرض القلب .

وفي سبيل محاربة تحطيم الخلايا بوساطة العوامل المؤكسدة الصادرة من الجذور الحرة - الناتجة من التدخين ، وتقدم العمر ، وغيرها - يجب تسليح الجسم بكمية كافية من مستضدات الاكسدة (Anti Oxidants) مثل فيتامين - هـ (Vitamin - E) .

غير أن هناك مشكلة تكمن في عدم معرفة الكمية المناسبة من هذا الفيتامين ، ولحل هذه المشكلة قامت باحثة التغذية **كاترينا براون** (Katrina Brown) بمعهد رويت (Rowett) للبحوث بأبردين في اسكتلندا وزملاؤها باختبار ٤٠ من الذكور المدخنين و ٤٠ من الذكور غير المدخنين وإخضاعهم لتجربة أخذوا فيها كبسولات تحتوي على جرعات مختلفة من فيتامين - هـ (٧٠ ، ١٤٠ ، ٥٦٠ ، أو ١٠٥٠ مليجرام يومياً) ، وبعد ٢٠ اسبوعاً من تعاطي هذه الجرعات تم أخذ كمية من كريات الدم الحمراء من هؤلاء الرجال وأضافوا إليها كمية معلومة من فوق أوكسيد الهيدروجين (H_2O_2) - يمثل جذر حر من الجذور الحرة الموجودة طبيعياً في الجسم - وتركوها في حضّانة(Incubator) لمدة ساعة بعدها تم قياس التأكسد الذي حدث في هذه الكريات .

أظهرت النتيجة أن الرجال الذين أخذوا الجرعات الثلاث الأقل (٧٠ ، ١٤٠ ، ٥٦٠ مليجرام) من فيتامين - هـ - لديهم قدرة اكبر على مقاومة عمليات التأكسد بالجذور الحرة مقارنة بالرجال الذين لم يأخذوا الفيتامين . وقد أظهر هؤلاء الرجال مقاومة فائقة لعمليات التأكسد بغض النظر عن كونهم مدخنين أم غير مدخنين .

وتذكر **براون** أنه لايلزم أخذ كميات كبيرة من فيتامين - هـ كما يفعل كثير من الناس ، وتضيف أن الجرعة العالية من فيتامين - هـ (١٠٥٠ مليجرام) لم تساعد الأشخاص غير المدخنين على مقاومة عمليات التأكسد بل إن فيتامين - هـ بهذه الكمية الكبيرة قد عزز تكوين جذور حرة بدلاً من إزالتها .

من جانب آخر إختلف تأثير الجرعة العالية من فيتامين - هـ (١٠٥٠ مليجرام) على الأشخاص المدخنين ، إذ يبدو أن الفيتامين الزائد في هذه الحالة قد تم توجيهه لتحطيم الجذور الحرة الناجمة عن التدخين ، وبذلك لم يكن للزيادة أثر سلبي.

المصدر :

Science News Vol. 151, March 1997, P. 135.

مع القـــراء

الأخوة القراء الكرام

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته وبعد :-

فكما تعودنا منكم فرسائلكم لاتنقطع واتصالاتكم المستمرة تدفعنا دوماً لبذل المزيد من الجهد لإرضائكم ، فاهلاً بالجميع .

● **الأخ / صالح عجاب العتيبي ـ الطائف**

نشكركم على توجيه استفساراتكم العلمية إلينا وهذا إن دل على شيء فإنما يدل على حسن ثقتكم بالمجلة والقائمين عليها وهذا بلا شك يزيدنا ثقة واطمئنان ، وبدورنا أحلنا استفساركم عن **النجم الأخضر** إلى الاستاذ **صالح بن محمد الصعب** أحد المختصين في معهد بحوث الفلك والجيوفيزياء في المدينة فأجاب مشكوراً بما يلي :

أطلقت هذه التسمية على المذنب الذي ظهر في سمائنا قبل أشهر وهو مذنب **(هيل ـ بوب)** ـ ربما لأن لونه كان مائلاً إلى الخضرة ـ وهو مذنب اكتشف من قبل اثنين من الراصدين الفلكيين كانا يرصدان الحشود النجمية السماوية من مكانين مختلفين في الولايات المتحدة الأمريكية في منتصف عام ١٩٩٥م ، وكان المذنب في ذلك الوقت متجهاً إلى المجموعة الشمسية بسرعة ٦٦,٠٠٠كم في الساعة ، وبعد أربعة عشر شهراً من ذلك التاريخ أصبح قريباً من الأرض وصارت رؤيته ممكنة بالعين المجردة وبقي في السماء حتى منتصف العام الحالي ١٩٩٧م ووصل إلى أوج لمعانه في بداية أبريل ١٩٩٧م ، وهو من المذنبات ذات الدورات الطويلة إذ تبلغ دورته ٢٣٠٠ سنة .

أما عن الآثار المناخية والجوية على الجزيرة العربية ، فإن المذنبات التي تظهر في السماء بعيدة جداً عن الأرض ولم يثبت أن لها ـ بشكل عام ـ تأثير في هذه الناحية ، وليست لها آثار سلبية على الأرض عدا مخاطر تسرب غازات ذيولها إلى جو الأرض أو المخاطر بعيدة الاحتمال لاصطدامها بالأرض ، وعلى الرغم من ذلك يتشاءم البعض من ظهورها ويعدوها من نُذر الكوارث والأخطار .

● **الأخ / محمد فالح الجهني ـ المدينة المنورة**

يسعدنا تلبية طلبك بإرسال الأعداد الأخيرة من المجلة على عنوانك الجديد .

● **الأخ / رائد محمد النويصر ـ الرياض**

يسعدنا تلبية رغبتك بإقتناء مجلة العلوم والتقنية وقد تم إدراج اسمك في قائمة التوزيع .

● **الأخت / بدرية سليمان الفرهود ـ الرياض**

تلقينا رسالتك بكل سرور وماحوته من عتاب على تأخر وصول المجلة إليك والذي هو خارج عن إرادتنا ، ولإتاحة الفرصة لعدد كبير من القراء فقد عمدنا إعتباراً من هذا العدد على استقبال حلول المسابقة حتى صدور العدد الذي يليه .

● **الأخوة / بريك السعيد بن محمد ـ رواق عمر محمد ـ محمادي اسماعيل ـ عثمان بشير بن علي مجذوب ـ حسان عبدالقادر ـ محمد الشريف ـ حرايز محمود ـ الجزائر**

سعدنا بوصول رسائلكم ويسرنا تلبيه رغباتكم بإدراج عناوينكم ضمن قائمة توزيع المجلة .

● **الأخ / وليد محمود الكيال ـ سوريا**

رسالتك السابقة لم تصل إلى المجلة فنحن يا أخانا لانهمل أي رسالة من رسائل قراءنا الأعزاء ، ويسعدنا تلبية طلبك بإدراج إسمك ضمن قائمة الإهداءات .

● **الأخ / عصام محمد عارف ـ مكة المكرمة**

ماحملته رسالتك من ثناء ودعاء للمجلة والقائمين عليها أثلج صدورنا وهو مايدفعنا لبذل المزيد من الجهد حتى تصل المجلة إليك ولجميع القراء الأعزاء .

● **الأخ / أنور يوسف حماد ـ الأردن**

نشكرك على ثنائك ومديحك للمجلة ويسعدنا إدراج إسمك ضمن قائمة الاهداءات .

● **الأخت / ناديه عبدالله الجعيب ـ الدمام**

سعدنا باتصالك ويسرنا إرسال مايتوفر من الأعداد الماضية وكذلك إدراج إسمك ضمن قائمة توزيع المجلة .

● **الأخ / محمد علي الملحم ـ الهفوف**

نشكرك على مديحك للمجلة فهدفنا أن تعم الفائدة جميع القراء ، وسوف تصلك المجلة على عنوانك الجديد بإذن الله .

● **الأخت علا مرزوق العوفي ـ المدينة المنورة**

نشكرك على إعجابك بالمجلة ويسعدنا أن ندرج اسمك ضمن قائمة التوزيع .

● **الأخ / أنور عطية اسماعيل ـ مصر**

يسرنا أن نلبي طلبك بادراج اسمك في قائمة توزيع المجلة .

● **الأخ / صلاح الدين محمد وفا ـ شرورة**

سوف نقوم بإذن الله بإرسال الأعداد الخاصة بالطاقة الشمسية إليك ، وقد تم إدراج إسمك ضمن قائمة توزيع المجلة ، فأهلاً بك .

● **الأخت / ندى سيف الدين أبو بكر ـ السودان**

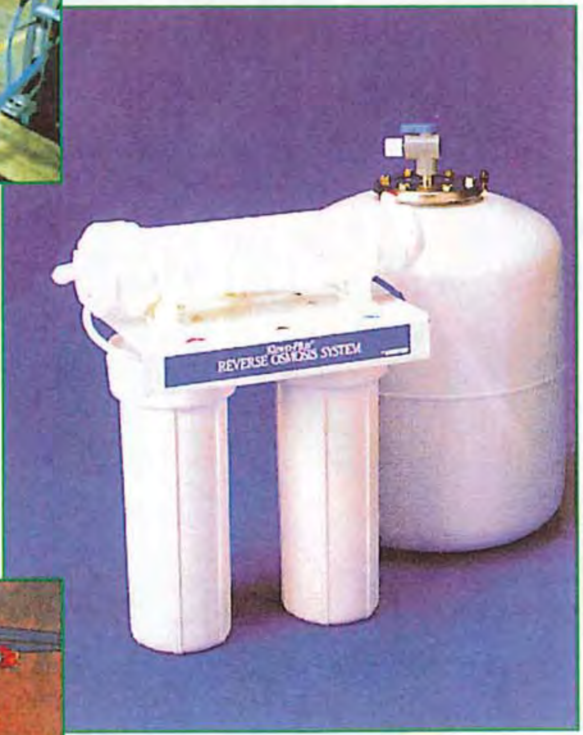
أهلابك قارئة للمجلة ويسعدنا إرسال مايتوفر من الأعداد المطلوبة على عنوانك وكذلك إدراج إسمك ضمن قائمة توزيع المجلة .

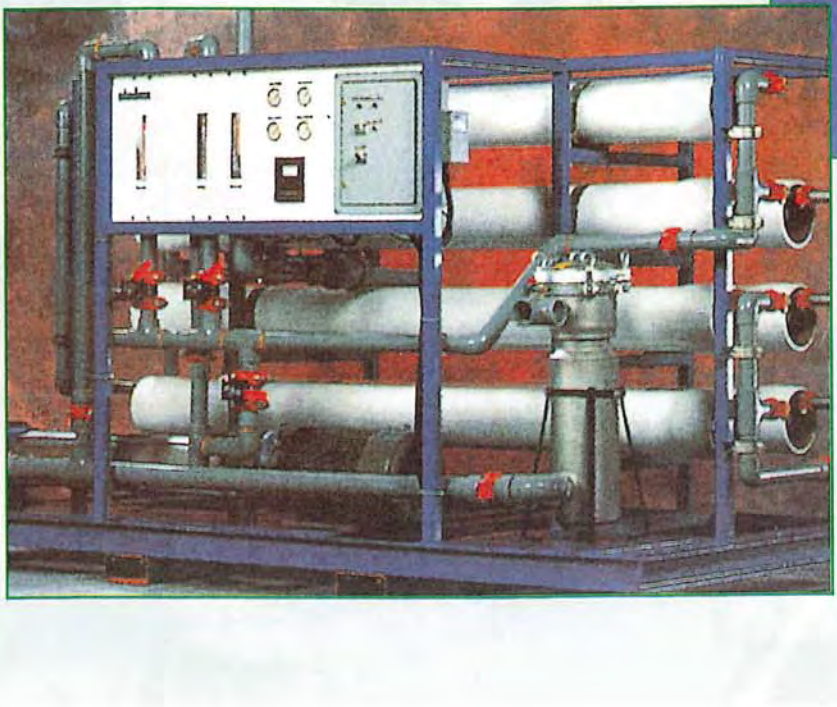
● **الأخ / مطر العايد ـ رفحاء**

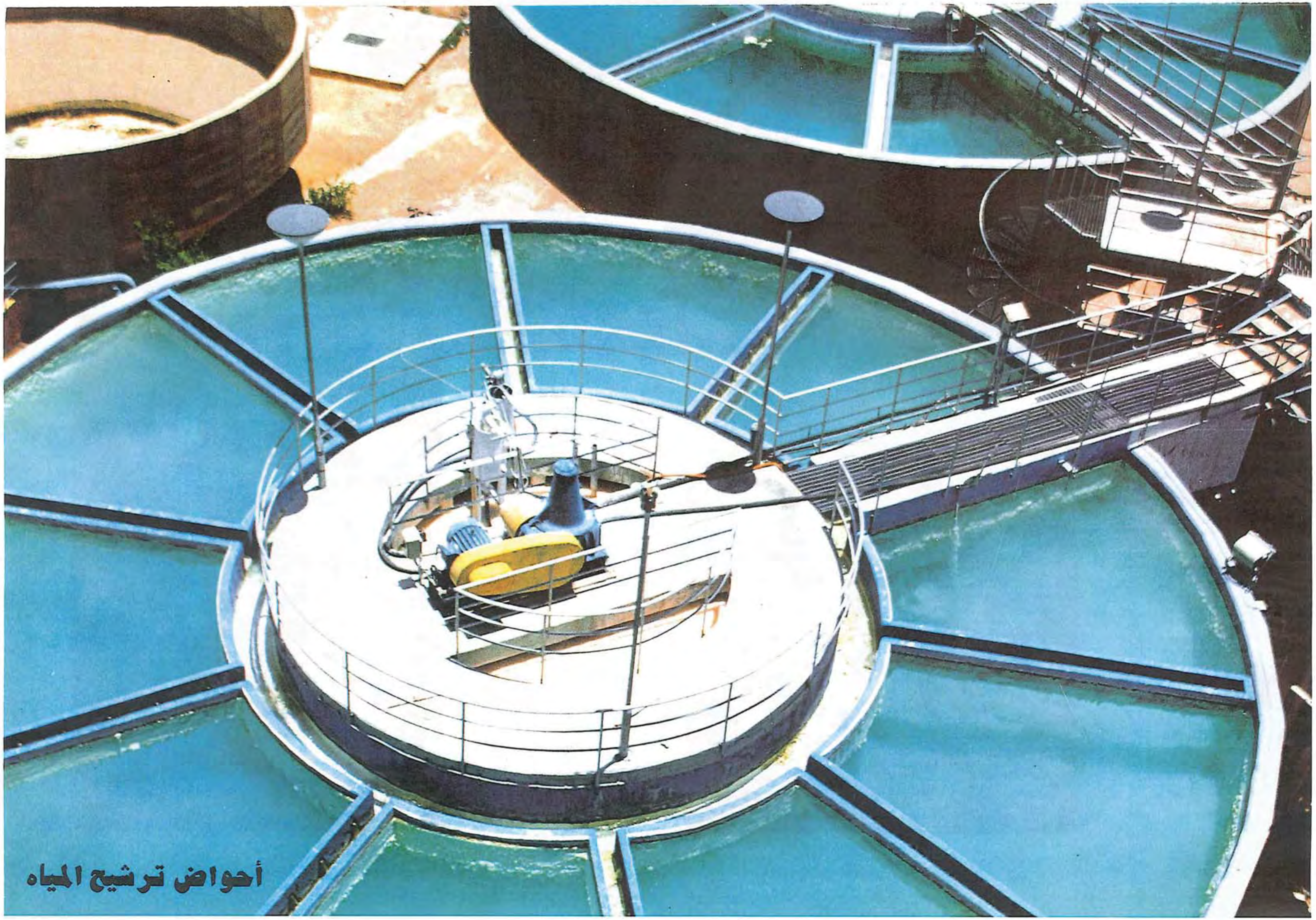
نشكرك على رسالتك التي حملت الكثير من عبارات الشكر والإعجاب للمجلة والقائمين عليها ، ويسعدنا أن تصلك المجلة على عنوانك الجديد .

في
العدد المقبل

تقنيات تنقية مياه الشرب
(الجزء الثاني)



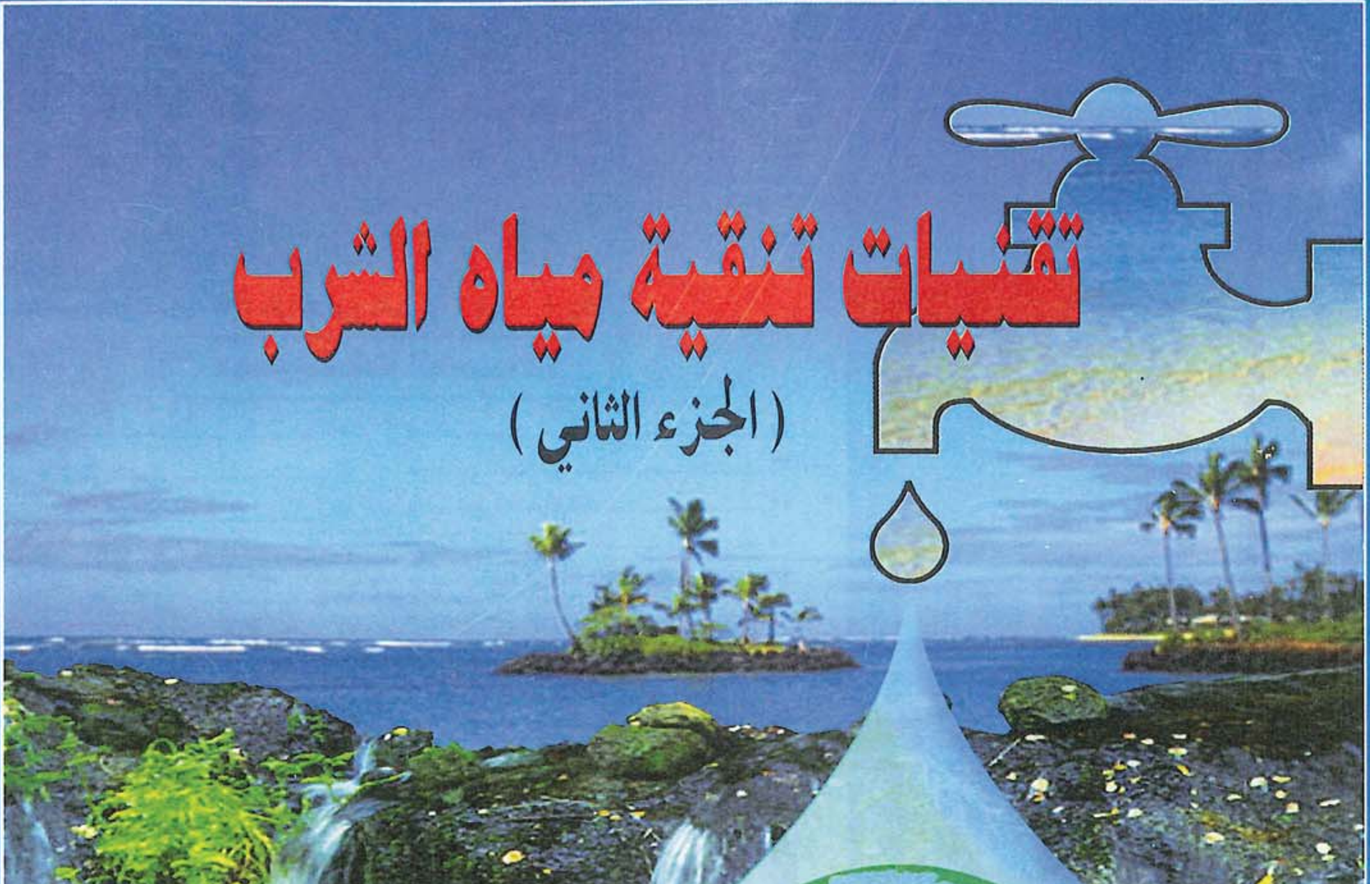



أحواض ترشيح المياه

السعر ٥ ريالات

العلوم والتقنية

مجلة علمية فصلية تصدرها مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية • السنة الحادية عشر • العدد الرابع و الأربعون • شوال ١٤١٨هـ / فبراير ١٩٩٨م.



تقنيات تنقية مياه الشرب

(الجزء الثاني)

- الفرز الغشائي
- معالجة المواد العضوية
- مخلفات محطات التنقية

ISSN 1017 3056

بسم الله الرحمن الرحيم

منهـــاج النشـــر

أعزاءنا القراء :

يسرنا أن نؤكد على أن المجلة تـفتح أبوابها لمساهماتكم العلمـية واستقبـال مقالاتكم على أن تراعى الشروط التالية في أي مقال يرسل إلى المجلة :-

١- يكون المقال بلغة علمية سهلة بشرط أن لايفقد صفته العلمية بحيث يشتمل على مفاهيم علمية وتطبيقاتها .

٢- أن يكون ذا عنوان واضح ومشوق ويعطي مدلولاً على محتوى المقال .

٣- في حالة الاقتباس من أي مرجع سواء كان اقتبـاساً كلياً أو جزئياً أو أخذ فكرة يجب الإشارة إلى ذلك ، وتذكر المراجع لأي اقتباس في نهاية المقال .

٤- أن لايقل المقال عن أربع صفحات ولايزيد عن سبع صفحات طباعة .

٥- إذا كان المقال سبق أن نشر في مجلة أخرى أو أرسل إليها يجب ذكر ذلك مع ذكر اسم المجلة التي نشرته أو أرسل إليها .

٦- إرفاق أصل الرسومات والصور والنماذج والأشكال المتعلقة بالمقال .

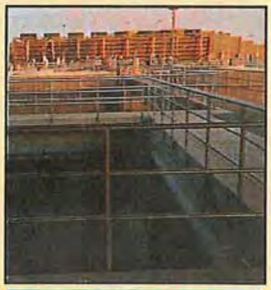
٧- المقالات التي لاتقبل النشر لاتعاد لكاتبها .

يمنح صاحب المقال المنشور مكافأة مالية تتراوح مابين ٣٠٠ إلى ٥٠٠ ريال .

محتويـــات العــــدد

- مشروع مياه صلبوخ ــــــــ ٢
- الفرز الغشائي الكهربي ــــــــ ٤
- التبخير متعدد المراحل ــــــــ ٧
- المواد العضوية في مياه الشرب ــــــــ ١٠
- مخلفات محطات التنقية ــــــــ ١٦
- المعالجة النهائية لمياه الشرب ــــــــ ١٩
- معالجة المياه في المنزل ــــــــ ٢٥
- عالم في سطور ــــــــ ٣١
- تكلفة إنتاج مياه الشرب ــــــــ ٣٢
- كتب صدرت حديثاً ــــــــ ٣٥
- عرض كتاب ــــــــ ٣٦
- من أجل فلذات أكبادنا ــــــــ ٣٩
- كيف تعمل الأشياء ــــــــ ٤٠
- مساحة للتفكير ــــــــ ٤٢
- مصطلحات علمية ــــــــ ٤٤
- الجديد في العلوم والتقنية ــــــــ ٤٥
- بحـــوث علميـــة ــــــــ ٤٦
- شريط المعلومات ــــــــ ٤٧
- مـــع القـــراء ــــــــ ٤٨

التبخير المتعدد المراحل


المعالجة النهائية

معالجـة الميـاه بالمنـزل

المراســــلات

مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الإدارة العامة للتوعية العلمية والنشر

ص.ب ٦٠٨٦ - الرمز البريدي ١١٤٤٢ - الرياض

ترسل المقالات باسم رئيس التحرير ت : ٤٨٨٣٤٤٤ - ٤٨٨٣٥٥٥

journal of Science & Technology

King Abdulaziz City For Science & Technology

Gen. Direct. of Sc. Awa. & Publ. P.O. Box 6086

Riyadh 11442 Saudi Arabia

يمكن الاقتباس من المجلة بشرط ذكر اسمها مصدراً للمادة المقتبسة

الموضوعات المنشورة تعبر عن رأي كاتبها

العلوم والتقنية

المشرف العام

د. صالح عبد الرحمن العذل

نائب المشـرف العـام ورئيس التحريـر

د. عبد الله أحمد الرشيد

هيئــة التحريــر

د. عبد الرحمن العبد العالي

د. خالــد السليمـــان

د. إبراهيـم المعتـاز

د. محمد أمين أمجد

د. محمد فاروق أحمد

د. أشـرف الخــيري

* * *

كلمة التحرير

قراءنا الأعزاء

يصدر هذا العدد بعد إنقضاء شهر رمضان الكريم وعيد الفطر المبارك ، لذا يسر أسرة تحرير المجلة والقائمين عليها أن يتقدموا بخالص التهاني والتبريكات بهذه المناسبة الجليلة ، ويسألون الله تعالى أن يتقبل من الجميع صيامهم وقيامهم .

قراءنا الاعزاء

نظراً لأهمية مياه الشرب في الحياة ، ولأهمية وصولها إلى المستهلك بصورة نقية خالية من الملوثات الضارة بصحة الإنسان ، فإنه يسرنا إستكمالاً لموضوع العدد السابق أن نغطي ماتبقى من مواضيع حول تقنيات تنقية مياه الشرب .

سنتطرق في هذا العدد إلى طريقتين من طرق التنقية ، هما : الفرز الغشائي ، وتحلية المياه بالتبخير متعدد المراحل ، ثم نواصل الحديث عن معالجات مكملة لاتتعلق بطريقة معينة من الطرق السابقة ، ولكنها تعد من المراحل النهائية لمعالجة المياه ، وهي معالجة المواد العضوية ، والتخلص من مخلفات التنقية ، والمعالجة النهائية .

ونظراً لما قد تتعرض له المياه من ملوثات أثناء التوزيع من خلال شبكات المياه أو التخزين سواءً في الخزانات العامة أو في الخزانات المنزلية ، فقد أفردنا مقالاً يتعلق بتقنية معالجة المياه داخل المنزل ، وقد أختتم هذا العدد بمقال يوضح للقارئ العزيز تكلفة إنتاج مياه الشرب والجهود التي تبذل في ذلك ، آملين من القارئ الكريم أن يحافظ عليها ولا يسرف في استخدامها ، فالله يقول في محكم التنزيل ﴿ إِنَّ الْمُبَذِّرِينَ كَانُوا إِخْوَانَ الشَّيَاطِينِ وَكَانَ الشَّيْطَانُ لِرَبِّهِ كَفُوراً ﴾ [الإسراء : ٢٧] .

وكما عودنا القارئ الكريم في كل عدد أدرجنا الأبواب الثابتة التي لاتقل أهمية عن المواضيع الأساسية لما تحتوية من معلومات لانشك في أنها تفيد القارئ ، آملين أن تحوز على رضاكم.

والله من وراء القصد ،،،

العلوم والتقنية

مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية
KING ABDULAZIZ CITY FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY

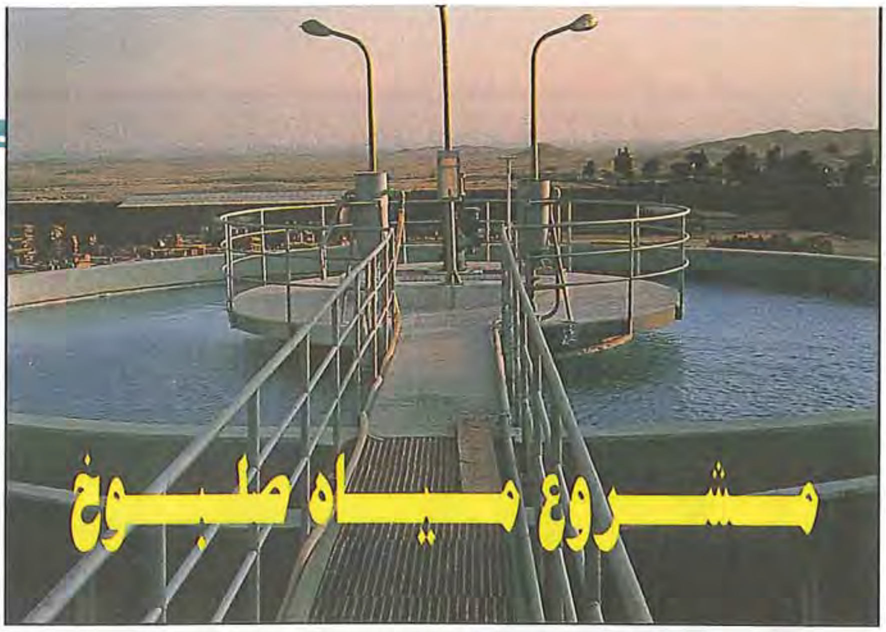
سكرتارية التحرير

د. يوسف حسن يوسف
د. ناصر عبد الله الرشيد
د. محمد حسين سعد
أ. محمد ناصر الناصر
أ. عطية مزهر الزهراني

التصميم والإخراج

عبد السلام ريان
عرفه السيد العزب
النعيمة يونس حارن

*****



مشروع مياه صلبوخ

مواصلة للحديث عن مصلحة المياه والصرف الصحي بمنطقة الرياض والذي تناولنا جزء منه في العدد الثالث والأربعين من المجلة، واستكمالاً لذلك يتناول هذا العدد من المجلة الجانب التطبيقي لجزء من نشاط المصلحة فيما يتعلق ببرنامج تشغيل وصيانة مياه الرياض والمتمثل في مشروع مياه صلبوخ أحد المشاريع التابعة للبرنامج.

تم افتتاح مشروع مياه صلبوخ تحت رعاية صاحب السمو الملكي الامير سلمان بن عبدالعزيز أمير منطقة الرياض ورئيس مجلس ادارة مصلحة المياه والصرف الصحي بمنطقة الرياض وذلك يوم الثلاثاء ٢٨/١٢/١٣٩٨هـ الموافق ٢٨/١١/١٩٧٨م، ويقع المشروع شمال الرياض وعلى بعد ٦٠ كم تقريبا منها.

ويمارس المشروع نشاطه من خلال ثلاثة أجزاء أساسية متمثلة في حقل الآبار، ومحطة المعالجة، والقرية السكنية.

حقل الآبار

يحتوى حقل الآبار (Wells Field) على (١٨) بئراً عميقاً، يتراوح عمقها مابين (١٢٠٠م ـ ١٨٠٠م) ويتم تشغيل مابين (٨) إلى (١١) بئراً بحسب الاحتياج والظروف خلال فصلي الشتاء والصيف، أما بقية الآبار فيتم تشغيلها احتياطياً، ويتراوح معدل انتاج الماء من الآبار المشغلة مابين ٤٥ر٠٠٠م٣ الى ٦٢ر٠٠٠م٣ /يوم، تصل درجة ملوحة المياه فيها إلى حوالى (١٤٠٠)جزء في المليون، وتضخ المياه المنتجة للمعالجة لتصبح صالحة للاستخدام الآدمي من خلال محطة المعالجة التابعة للمشروع.

محطة المعالجة

يتم من خلال محطة المعالجة (Treatment Plant) معالجة المياه الواردة من آبار المشروع على خمس مراحل على النحو التالي:

● مرحلة التبريد

تصل درجة حرارة المياه المنتجة من الآبار إلى حوالى (٦٠ْم) ولذا يلزم تبريدها إلى حدود(٣٠ ـ ٣٥ْم)، وتتم تلك العملية من خلال ثمانية مبردات (Coolers) تبلغ طاقة كل مبرد ٣٠٠م٣/ساعة، وتعمل هذه المبردات جميعها في فصل الصيف، أما في فصل الشتاء فيتم تشغيلها بالتناوب، حيث يتم إجراء عمليات الصيانة، وتتم عملية التبريد في هذه المبردات عن طريق نشر الماء على عوارض بلاستيكية وشفط الهواء من خلال مراوح شفط خاصة لكي تتم عملية المبادلة الحرارية وتنخفض على إثرها درجة حرارة الماء الى الدرجة الملائمة لمراحل المعالجة اللاحقة، وينقسم الماء الخارج من المبردات إلى قسمين، يتجه أحدهما مباشرة إلى المرشحات بدون معالجة وله مرشحات خاصة ـ يسمى (Blending Bypass) ـ ويمثل مانسبته ١٠ـ٢٠٪ من كمية المياه الخارجة من المبردات، أما القسم الآخر فيمثل مانسبته ٨٠ـ٩٠٪ وتسري هذه الكمية عبر قناة الى المرسبات حيث تضاف اليها مادة ألومينات الصوديوم بهدف التخلص من السيليكا بالاضافة الى أنها تعمل كمادة مجمعة، ثم يتجه الماء الى المرسبات.

● مرحلة إزالة العسر والترسيب

يوجد بالمشروع ستة مرسبات (Precipitator) سعة كل مرسب (٦٠٠م٣)، وبعد دخول الماء الى المرسبات يضاف اليه الجير (هيدروكسيد الكالسيوم) والصودا (كربونات الصوديوم) لإزالة عسر الماء كما تضاف مادة عديدة الالكتروليت (Polyelectrolyte) كمادة مجمعة للعوالق الموجودة في الماء لكي تترسب على هيئة وحل (Sludge) يتم سحبه إلى المخثر (Thickner) حيث يستخلص الماء

● جانب من وحدات التبريد بمحطة مياه صلبوخ

المصاحب للوحل من أعلى المخثر ويعاد الماء المستخلص إلى ماقبل المرسبات لكي تتم معالجته مرة أخرى، أما الوحل فيتم دفعه إلى أحواض التجفيف خارج المحطة، ولزيادة كفاءة عمل المواد الكيميائية المضافة إلى المرسبات، فإن المحركات الموجودة في أعلى المرسبات تعمل على استدامة حركة المياه فيها مما يؤدي إلى زيادة التفاعل، كما أن إضافة تلك المواد تتم آلياً لكل (١٠م٣) من المياه الداخلة إلى المرسبات، وقبل دخول الماء في المرحلة اللاحقة (مرحلة الترشيح) يضاف إليه حامض الكبريت، وتسمى تلك العملية التحميض الأولى (Primary Acidification) وتهدف إلى خفض الرقم الهيدروجيني (pH) للماء من ٩٫٥ الى ٦٫٥ لتفادي تكون طبقة من كربونات الكالسيوم على حبيبات الرمل الناتجة من إزالة العسر في المرسبات.

● مرحلة الترشيح

يوجد بالمشروع ثمانية مرشحات رملية ستة منها للمياه المعالجة من المرسبات واثنان للمياه غير المعالجة (Bypass)، وهذه المرشحات عبارة عن طبقات رملية بغرض التخلص من الرواسب والعوالق في المياه، وتتم عملية الترشيح على خطوتين هما:

*** مرشحات المرحلة الأولية (Pre-Filters):** ويكون إتجاه المياه فيها من أسفل إلى أعلى (Up- downflow).

*** مرشحات المرحلة الثانية (Rapid Filters):** ويكون إتجاه المياه فيها من أعلى ألى اسفل.

وبتم غسيل المرشح يومياً للتخلص من تلك العوالق والرواسب، وبعد مرور المياه من تلك المرشحات يتم ضخها إلى وحدة التناضح العكسي.

● مرحلة التحلية بالتناضح العكسي

تنساب المياه بعد مرحلة الترشيح الى خزان المياه المرشحة وتكون هذه المياه نقية وذات عسر قليل ولكنها تحتوي على كمية عالية من الأملاح المذابة (١٤٠٠ جزء في المليون) يتحتم خفضها لكي تكون المياه صالحة للشرب، لذا تضخ هذه المياه إلى وحدات التناضح العكسي بواسطة مضخات الضغط المنخفض (L.P.P) بضغط حوالى (٤ ـ ٥) بار (جوي)، ويضاف إليها حامض الكبريت (تحميض ثانوي) لخفض الرقم الهيدروجيني للمياه من ٦٫٥ إلى ٥٫٥ بهدف منع ترسبات كربونات الكالسيوم على أغشية التناضح العكسي، كذلك تضاف مادة هيكسا ميتافوسفات بهدف منع ترسب كبريتات الكالسيوم على الأغشية، بعدها تمرر هذه المياه عبر وحدات المرشحات الدقيقة (Cartridge Filters) وهذه المرشحات تمنع دخول أي جزيئات أكبر من (٥ ميكرون) إلى الاغشية، ومن هذه المرشحات تضخ المياه إلى وحدات التناضح العكسي بواسطة مضخات الضغط العالي (٢٥ـ٢٧) بار. وتوجد ست مضخات يعمل منها خمس، أما السادسة فتعمل إحتياطياً لبقية المضخات، ويوجد في المشروع ١٠ مجمعات من وحدات التناضح العكسي تعمل بنظام الرجيع (Brine System) ويتكون كل مجمع من سبعة أعمدة يحتوى كل عمود منها على عشرين وحدة يتم تمرير الماء خلالها على ثلاث مراحل هي:

*** المرحلة الأولى:** وتتكون من الأربعة أعمدة الأولى المكونة للبلوك، وتتغذى من المياه المرشحة المدفوعة من مضخات الضغط العالي، ويتم فيها فصل المياه إلى مياه محلاة ومياه مشبعة بالأملاح تضخ مرة أخرى إلى المرحلة الثانية كمياه مغذية.

*** المرحلة الثانية:** وتتكون من العمودين الخامس والسادس ويتغذيان من مياه الرجيع الناتجة من المرحلة الأولى، حيث يتم فصلها إلى مياه محلاة ومياه مشبعة بالأملاح والتي بدورها تضخ كمياه مغذية للمرحلة الثالثة.

*** المرحلة الثالثة:** وتتكون من العمود السابع والأخير للبلوك حيث يتم فصل المياه إلى مياه محلاة وأخرى مشبعة بالأملاح، ويتم تجمع المياه المحلاة في جميع المراحل، أما المياه المشبعة بالأملاح فيتم طردها إلى خارج المحطة.

● مرحلة المعالجة النهائية

يتم في مرحلة المعالجة النهائية (Post Treatment) إضافة مادة الصودا للمياه المحلاة الناتجة لرفع الرقم الهيدروجيني (pH) إلى (٧٫٥) تقريباً، وكذلك يضاف إليها المياه الفائضة عن حاجة مرحلة التناضح العكسي وكذلك المياه غير المعالجة والتي تمر على المرشحات فقط، وذلك لإنتاج مياه ذات ملوحة في حدود (٤٠٠ ـ ٥٠٠) جزء في المليون، وتخلط هذه المياه في خزان الخلط ويضاف إليها الكلور للتعقيم، ومن ثم تنساب المياه إلى خزان تجميع بسعه (١٥٫٠٠٠م٣) ومنه إلى مدينة الرياض عبر أنابيب ينساب الماء فيها بواسطة قوى الجاذبية الأرضية، أو عن طريق ثلاث مضخات عند الحاجة إلى زيادة ضخ المياه، وبصفة عامة ينتج المشروع ما مقداره (١٦) مليون جالون يومياً، ويتم فحص مياه الشبكة للتأكد من وجود الكلور الحر المتبقي لضمان تعقيم المياه حتى وصولها للمستهلك.

● القرية السكنية

رغبة في توفير الظروف الملائمة للعاملين في المشروع فقد تم انشاء مجموعة من الفلل السكنية للعوائل والعزاب إضافة إلى نادي رياضي وعيادة طبية ومدارس لمختلف المراحل.

● جانب من وحدات التحلية بواسطة التناضح العكسي بمحطة مياه صلبوخ

الفرز الغشائي الكهربي

د. فرج عبدالسلام عبدالعليم

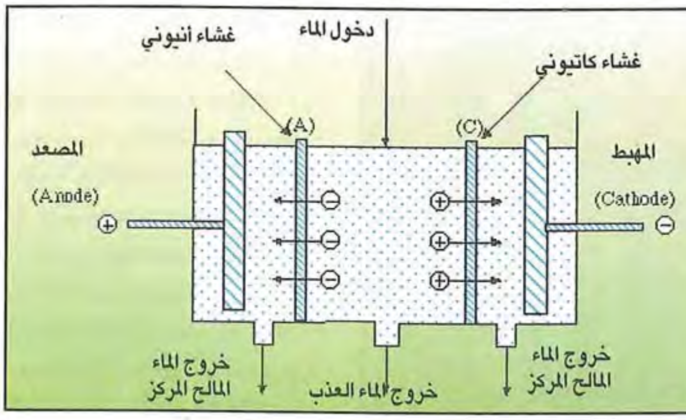
يتم فصل الماء العذب عن الماء المالح في جميع طرق التحلية بإستخدام الفرق في الخواص الفيزيائية بين الماء والملح ، فمثلاً تعتمد طرق التحلية الحرارية كلها على الفرق بين درجة غليان الماء ودرجة غليان الملح بينما تعتمد الطرق الأخرى مثل التناضح العكسي على الفرق في الحجم لكل من جزيء الماء وجزيء الملح ، حيث يمكن لجزيء الماء الصغير النفاذ من خلال الأغشية الخاصة المستخدمة لهذا الغرض ، أما جزيء الملح فإنه لاينفذ خلال تلك الأغشية نظراً لكبر حجمه ليتم بذلك فصل الماء عن الملح تحت تأثير فرق الضغط الكبير المستخدم في هذه العملية .

من جانب آخر تعتمد طريقة الفرز الغشائي الكهربي " الديلزة الكهربية " أساساً على استخدام الطاقة الكهربائية لفصل أيونات الملح عن الماء ، وذلك من خلال أغشية خاصة تستخدم لهذا الغرض، وهي تشبه في ذلك عملية التناضح العكسي إلا أنها لاتحتاج إلى فرق الضغط العالي المستخدم فيها .

ونظراً لأن طرق التحلية الحرارية هي أسهل وأقدم طرق التحلية على الإطلاق فإنها لاتزال هي الأكثر استخداماً من الناحية التطبيقية على المستوى العالمي وفي المملكة ، يليها في ذلك طريقة التناضح العكسي خاصة بعد التقدم الكبير في صناعة الأغشية وتقنياتها المختلفة ، أما طريقة الفرز الكهربائي فإن مستقبلها الواعد بالنسبة للمملكة يتركز في مجال معالجة المياه الجوفية لاستخدامها في الشرب والزراعة ، وكذلك معالجة المخلفات المائية للمصانع أو مياه الصرف لإعادة إستخدامها في الصناعة أو في الري .

تتميز هذه الطريقة باعتمادها على الطاقة الكهربائية النظيفة والخالية من التلوث الناشيء عن المحطات الحرارية ، بالإضافة إلى إمكانية استخدام الطاقة الكهروضوئية المنتجة من الطاقة الشمسية المتوفرة في المملكة ، التي ترتبط جدواها الاقتصادية بتطوير الخلايا الكهروضوئية وجعل أسعارها تنافس أسعار الطاقة الكهربائية المتوفرة حالياً .

ومن الناحية التاريخية فقد كانت طريقة الفرز الكهربي أقدم من طريقة التناضح العكسي ، حيث تم إستخدامها فعلاً في



● شكل (١) خلية الفرز الكهربائي « الديلزة الكهربية »

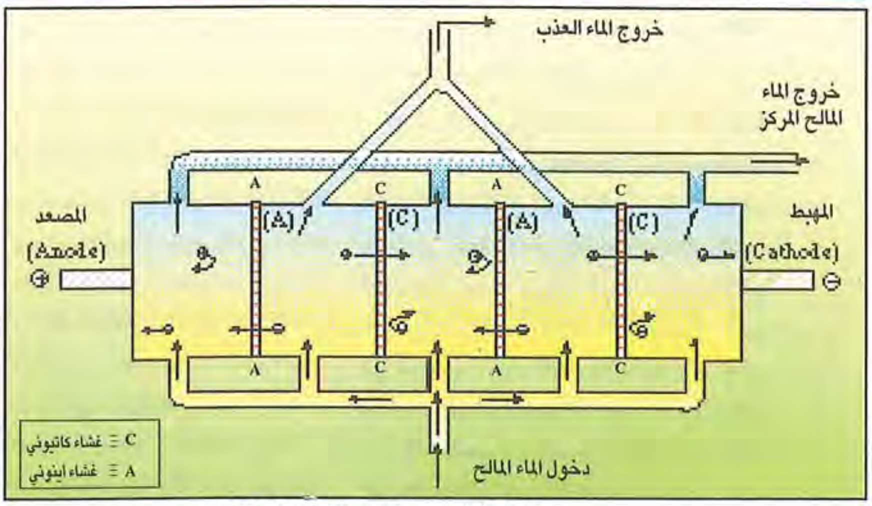
معالجة مياه الصرف في بعض الدول مثل الولايات المتحدة الأمريكية ، كما أمكن إستخدامها أيضا في معالجة مياه الغلايات بدلاً من طرق التبادل الأيوني المعروفة والتي تحتاج لكميات كبيرة من المواد الكيميائية ، مما يشكل مصدراً آخر من مصادر التلوث سواء أثناء التشغيل أو التنشيط .

آلية الفرز الغشائي الكهربي

عند إمرار تيار كهربائي على محلول ملحي فإن الأملاح تتفكك إلى أيونات موجبة مثل الصوديوم (Na^{+}) والبوتاسيوم (K^{+}) والكالسيوم (Ca^{++}) والمغنيسيوم (Mg^{++}) وأيونات سالبة تتمثل في الكلور (Cl^{-}) والكبريتات ($SO4^{--}$) والكربونات ($CO3^{--}$) والنترات ($NO3^{-}$) .

ويتم تبعاً لذلك ، وتحت فرق الجهد الكهربائي المستخدم ، جذب الأيونات الموجبة (Positive ions) نحو المهبط (Cathode) والأيونات السالبة (Negative ions) نحو المصعد (Anode)، وبذلك يتم فصل شوائب الأملاح عن الماء الذي يصبح نقياً كما هو موضح في شكل (١)

ونظراً لأن خلية الفرز الكهربائي الواحدة ذات إنتاجية محدودة فإنه يتم إستخدام أكثر من خلية للوصول إلى مستوى الإنتاج المطلوب من الناحية العملية ، ومن ثم فإن وحدات الفرز الكهربائي تتركب من عدد من هذه الخلايا كما هو موضح في شكل (٢) . تتركب هذه الوحدات من عدد من الحجيرات الضيقة



● شكل (٢) الوحدة الصناعية للفرز الكهربي

التي يضخ الماء المالح من خلالها ، بينما تنفصل هذه الحجيرات عن بعضها بواسطة الأغشية شبه المنفذة التي تنفذ نوع واحد فقط من الأيونات ، حيث أن بعضها ينفذ الأيونات الموجبة فقط ، وتسمى بالأغشية الكاتيونية (Cationic membranes) ، أما البعض الآخر فينفذ الأيونات السالبة فقط ، وتسمى بالأغشية الأنيونية (Anionic membranes) ، وعندما يمر التيار الكهربائي في هذه الخلايا فإن الأغشية شبه المنفذة تقوم بحجز الأيونات على هيئة شوائب في الحجيرات الصغيرة المخصصة لذلك في الخلية ، وينتج عن ذلك – في آخر العملية – وجود ماء عذب داخل الحجيرات الخاصة به في الخلايا ، بينما توجد الأملاح والكاتيونات أو الأنيونات في الحجيرات المجاورة كما هو موضح في شكل (٢)

ومن الجدير بالذكر أن الأغشية الأيونية هي أكثر الأجزاء حساسية في وحدة الفرز الكهربائي ، وهي تماثل من حيث الأهمية كل من أغشية التناضح العكسي وأسطح التبادل الحراري في الطرق الحرارية للتحلية ، كما أنها تحدد تكلفة الوحدة من الناحية الإقتصادية ، وهي أيضاً عرضة للإتساخ بسبب تكون القشور الملحية وترسبها عليها ، مما يستدعي تنظيفها ميكانيكياً أو كيميائياً بشكل دوري ، ومهما كانت هذه الأغشية متينة فإنه يلزم إستبدالها بعد فترة ، وقد تضافرت الجهود الهندسية والأبحاث العلمية لإنتاج أغشية مناسبة يتم إنتاج أنواع متطوره من الأغشية تتوافر حالياً بسمك يتراوح بين ٠,١ مم و ١مم وبأشكال مختلفة ، وأما من الناحية العلمية فقد تم تطبيق طريقة الديلزة الكهربائية في محطات تحلية تقدر طاقتها الإنتاجية اليومية بآلاف المترات المكعبة من المياه العذبة ، كما تم إستخدام الطريقة في وحدات منزلية صغيرة تصل إنتاجيتها إلى مائة لتر في اليوم بالإضافة إلى وحدات عديدة ذات إنتاجية متوسطة .

وقد تم كثير من التطوير والتحسين لتقنية الانتقال بالتبادل الأيوني في الأغشية ، حيث أمكن تطبيقها في الأغشية الحيوية مثل أجهزة الكلية الصناعية وغيرها .

طاقة الفرز الكهربي

عند استخدام طريقة الفرز الغشائي الكهربي لفصل الماء من الملح لابد من وجود حد أدنى من فرق الجهد الكهربائي ، يسمى **فرق جهد الفصل** ، ويعتمد فرق الجهد الكهربي المذكور على تركيز الأملاح في الخلية ونوع الأيونات الموجودة في الماء المستخدم ، حيث يتساوى في المقدار ويتعاكس في الإتجاه مع فرق الجهد الناشيء بين أقطاب الوحدة في حالة التوقف . وفي هذه الحالة يمكن إعتبار الوحدة بطارية صغيرة ، ويجب من الناحية العملية زيادة فرق الجهد الكهربائي الفعلي المستخدم عن هذا الحد الأدنى ليتم تحريك الأنيونات والكاتيونات وفصلها عن الماء ، ويمثل الفرق بين الجهد الفعلي ـ الصادر من الخلية – والحد الأدنى لفرق جهد الفصل مايعرف بجهد الإستقطاب ، ويمكن القول من الناحية العملية أنه يلزم لكل زوج من الأغشية الموجودة بوحدة الفصل الكلية وجود فرق جهد في حدود ٠,١ إلى ٠,٢ فولت ، وبذلك تحتاج الوحدة التي بها مائة زوج من الأغشية إلى فرق جهد كهربائي يتراوح بين ١٠ إلى ٢٠ فولت ، أما بالنسبة للتيار الكهربائي اللازم لعملية الفرز فإنه يتم حسابه بإستخدام قانون فاراداي Faraday كالآتي :

$$I = \frac{FQNEr}{E_c}$$

حيث :

I : التيار الكهربي اللازم للعملية " الأمبير "

F : ثابت فاراداي وقيمته ٩٦٥٠٠ كولوم

Q : معدل سريان الماء في الوحدة (لتر/ثانية)

N : تركيز الأملاح في الماء المستخدم "جرام مكافيء/لتر "

Er : معدل إنتاج الماء العذب = نسبة فصل الماء العذب من الماء المالح المستخدم

E_c : كفاءة استخدام التيار الكهربي بواسطة الوحدة وتتراوح قيمتها بين ٠,٨٥ إلى ٠,٩٥

أما بخصوص القدرة الكهربائية اللازمة لوحدة الفرز الكهربي فإنها تحسب عادة باستخدام القانون

$$P = IV = I^2R$$

حيث :

P : القدرة الكهربائية بالوات

I : التيار الكهربي بالأمبير

R : مقاومة الوحدة بالأوم

V : الجهد بالفولت

مشاكل تقنية الفرز الغشائي

تتعرض تقنية الفرز الغشائي الكهربائي إلى عدة مشاكل عملية من أهمها مايلي :-

● ظاهرة الأستقطاب

وجد عملياً أن هناك حد أقصى لكثافة التيار الذي يمكن استخدامه في وحدات الفرز الكهربائي ، يعرف بالتيار الحدى

(Limiting Current)، وتتوقف قيمة هذا الحد على التركيب الكيميائي للماء المستخدم في الوحدة، وسرعة سريان الماء في الخلية، وعوامل أخرى تتعلق بسرعة إنتقال الأيونات داخل الخلية، وعند بدء عملية الفرز الغشائي الكهربائي ينشأ تغير في تركيز الأنيونات والكاتيونات عند سطح الأغشية المستخدمة مصحوباً بزيادة كبيرة في مقاومة الخلية الكهربائية، وهو مايعرف **بظاهرة الاستقطاب (Polarization)** والذي يسبب حدوثها ازدياد في جهد الاستقطاب المعاكس بدرجة كبيرة يصعب معها أي زيادة في تيار الخلية مهما زادت قيمة الجهد الكهربائي الخارجي المستخدم في الوحدة. وينشأ عن ذلك فقد كبير في الطاقة الكهربائية بدون أي زيادة في معدل إنتاج الماء العذب.

وللتغلب على هذه المشكلة يلزم إختيار تيار الخلية، بحيث يكون أقل من هذا التيار الحدى (التيار المستخدم عادة في حدود ٧٠ - ٩٠٪ من التيار الحدى).

• الترسبات

تنشأ مشكلة الترسبات بسبب زيادة تركيز الملح بالقرب من سطح الغشاء المواجه للماء المالح، فيحدث الترسيب مباشرة إذا تعدى تركيز الملح حدود الذوبانية الخاصة به، ومن المعتاد عملياً أن تترسب كربونات الكالسيوم وهيدروكسيد المغنيسيوم وكبريتات الكالسيوم على غشاء التبادل الأيوني من جهة الماء المالح.

ومن الجدير بالذكر أن التصاق هذه القشور الملحية بالأغشية يؤدي إلى إنخفاض كبير في إنتاجية الوحدة من الماء العذب، كما أنه يتسبب في إرتفاع المقاومة الكهربائية للخلية، مما يؤدي إلى فقد كبير في الطاقة الكهربائية المستخدمة، وبذلك تتدنى كفاءة هذه الوحدات كثيراً مع استمرار تشغيلها، مما يحتم تنظيفها بين آن وآخر مع استمرار معالجة الماء المستخدم للتخلص من الأملاح المسببة للعسر مثل أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم قبل دخولها إلى وحدات الفرز الكهربائي، ومن أمثلة هذه المعالجة حقن الماء بحامض كلوريد الهيدروجين أو حامض الكبريت بجرعة محسوبة تمنع حدوث هذه الترسبات عن طريق التحكم في تركيز أيون الهيدروجين (H^+) في الخلية.

ومن بين أساليب المعالجة أيضاً إضافة كميات صغيرة محسوبة من مادة ميتافوسفات الصوديوم السداسية (Sodium Hexa Meta Phosphate)، التي تقاوم تكوين هذه القشور كما يجب أيضاً معالجة الماء المحتوي على مواد صلبة معلقة أو غروية، باستخدام عمليات الترشيح خارج وحدات الفرز الكهربي تلافياً لترسيب هذه المواد العالقة على سطح الأغشية التي قد تؤدي إلى إنسدادها أو تلفها.

ومن بين الأفكار العملية الجيدة المستخدمة للتغلب على مشكلة القشور والترسبات، هي الفكرة التي يتم فيها العكس الدوري لقطبية الأقطاب المستخدمة في العملية، بحيث يصبح المصعد مهبطاً والمهبط مصعداً بعد فترة تشغيل معينه، وبذلك يتم إذابة الاملاح كهربائياً وبدون إستخدام مواد كيميائية خارجية، وهناك شركات تقوم بتصميم وحداتها بحث يتم عكس هذه الأقطاب بطريقة آلية، وقد ثبتت جدوى هذه الطريقة عملياً.

تطبيقات تقنية الفرز الغشائي

على الرغم من تشغيل الكثير من وحدات تنقية مياه البحر بالفرز الكهربائي، إلا أن هذه الطريقة لم تثبت جدواها الإقتصادية لإنتاج الماء العذب من مياه مرتفعة الملوحة إلا في بعض الحالات الخاصة التي يتوفر فيها مصدر رخيص للطاقة الكهربائية، أو باستخدام الخلايا الشمسية على مستوى صغير أو متوسط من ناحية الإنتاجية.

وعلى الجانب الآخر فقد تم تطوير وحدات صغيرة منها تنتج ما بين ٥٠ - ١٠٠ لتر من الماء العذب يومياً، ويمكن تعليقها فوق حوض المطبخ بالمنزل بعد توصيلها بشبكة المياه المنزلية مباشرة، كما تم تطوير وحدات صغيرة وبسيطة نسبياً للاستخدام في المزارع النائية التي تعتمد على المياه الجوفية خاصة مع الاستفادة من الطاقة الشمسية في هذا المجال.

ومن الجدير بالذكر أن هذه الطريقة تستخدم بكثرة في معالجة المخلفات المائية للمصانع، وكذلك في معالجة مياه الصرف الصحي سواء لإعادة إستخدامها في الري أو كمياه تبريد في المناطق الصناعية التي تعاني من نقص في الموارد المائية، أو حتى في معالجة مياه الغلايات المستخدم في محطات توليد القوى الكهربائية، لأن هذه الطريقة تتميز بعدم إعتمادها على مواد كيميائية مثل الطرق الأخرى.

تقنية الفرز الغشائي بالمملكة

على ضوء ما تقدم فإن المستقبل الحقيقي لتقنية الفرز الغشائي الكهربي يعتمد على مدى الاستفادة من الطاقة الرخيصة كمصدر أساسي للطاقة اللازمة لتشغيل هذه الوحدات.

وبذلك تصبح هذه الطريقة مناسبة للحصول على الماء العذب من مياه الآبار، خاصة في مجال الزراعة، والري، وفي الأماكن النائية، التي لايتوفر فيها مصادر الكهرباء العادية، وهي في هذا المجال تتميز عن طريقة التناضح العكسي بعدم حاجتها إلى مضخات الضغط العالي، كما أن الكهرباء المتولدة بواسطة الخلايا الشمسية تستخدم مباشرة في خلايا الفرز الكهربائي التي تعمل مباشرة بواسطة التيار المستمر.

ومما يجدر ذكره أن هذه التقنية تستخدم في بعض محطات المياه بالمملكة مثل محطتي القويعية ولبخة تصل طاقتها الإنتاجية على التوالي إلى ٦٧٠٠م٣/يوم و ١٠٠٠م٣/يوم من المياه العذبة.

أما بالنسبة لمعالجة المخلفات المائية لبعض المصانع فإنه يمكن إقتراح هذه الطريقة - مثلاً - لمصانع الطلاء الكهربائي سواء في المنطقة الصناعية بالرياض أو في منطقتي الجبيل وينبع، خاصة في ظل الإهتمام الحالي الكبير بالمحافظة على البيئة في هذه المناطق الإستراتيجية بالنسبة للنهضة الصناعية في المملكة.

تحلية المياه بالتبخير متعدد المراحل

د. إبراهيم صالح المعتاز

عـرف الإنسان التبخير كوسيلة للحصول على الماء العذب منذ زمن بعيـد ، وقد لجـأ لذلك أثنـــاء سفره وتنقله خاصة على ظهر البحار والمسالك المائية الأخـرى التي غالباً لم تكــن مياهها صالحة للشرب بطريقة مباشـــرة .

تعتمد عملية تحلية المياه بالتبخير متعدد المراحل على تبخير الماء بتسخينه بمصدر خارجي للحرارة ، ثم تكثيف البخار الناتج بالتبريد ، وقد بدأت هذه العملية بمبخرات مياه ضخمة الحجم ذات وحدات متعددة تعمل كل واحدة منها مباشرة بحرق الوقود أسفل الوعاء الحاوي للمياه ، ثم شهدت بعد ذلك تطوراً كبيراً أمكن معه الاستفادة من الحرارة المستخدمة في تبخير المياه في إحدى المبخرات في تبخير مياه مبخر آخر ، ودعا ذلك إلى إستخدام وحدات تبخير متعددة تعمل كل واحدة منها معتمدة على الوحدة التي تسبقها ، وهذا ما عرف بمسمى التقطير أو التبخير متعدد المراحل أو متعدد الفعالية .

تبلغ سعة محطات تحلية المياه العاملة بنظام التبخير متعدد المراحل حوالي ٥٪ من السعة الكلية للمياه المحلاة في العالم ولاتزيد سعة أكبر وحدة لتحلية المياه بهذه الطريقة كثيراً عن ٢٠,٠٠٠م٣/يوم .

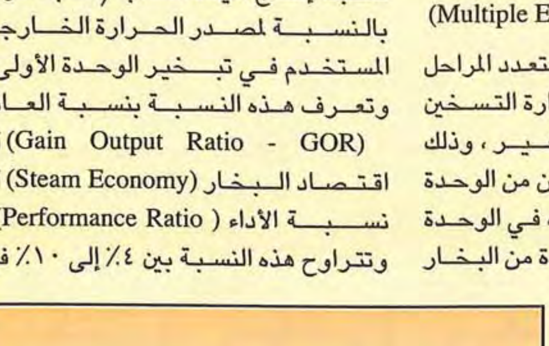
توجد وحدات التبخير متعدد المراحل في منطقة الخليج العربي في دولة الامارات العربية المتحدة ، والبحرين ، وقطر ، والكويت - لا تزيد نسبة المياه المحلاه بهذه الطريقة عن ٠,١٪ من السعة الكلية للمياه المحلاه بهذه المنطقة - وعلى سبيل المثال فقد أنشئت ثلاث وحدات لتحلية المياه في الكويت ما بين عامي ١٩٥٤م إلى ١٩٥٦م تصل سعتها إلى ٣٦٥ ، و ٥٠٩٠ ، و ٤٧٧٠ م٣/يوم على التوالي . وتعد الكنداسة أول وحدة تبخير في المملكة العربية السعودية إذ تم إنشاؤها عام ١٩٠٧م في مدينة جدة .

آلية التبخير متعدد المراحل

شاع استخدام مصطلح التقطير (Distillation) في مجال تحلية المياه ، ولذا سميت هذه الطريقة - في بداية معرفتها - بالتقطير متعدد المراحل (Multiple Effect Distillation - MED)، وهذا خطأ علمي صريح ، فالتقطير هو عملية فصل السوائل المختلطة والمكونة لمحلول واحد ، حيث تتبخر جزيئات هذه السوائل بنسب مختلفة عند ارتفاع درجة الحرارة ، فيحتوي البخار المتكون على نفس المواد الذائبة بنسب متفاوته ، في حين أنه في تحلية المياه يتم فصل الماء عن الأملاح الذائبة فيه ، وذلك برفع درجة حرارة المياه إلى درجة الغليان ليتكون البخار الخالي من الأملاح وتبقى هذه الأملاح دون تبخير ، وهذا ما يعرف بعملية التبخير . لذا فالصواب أن تسمى هذه الطريقة بالتبخير متعدد المراحل . (Multiple Effect Evaporation - MEE)

تهدف طريقة التبخير متعدد المراحل إلى زيادة الاستفادة من حرارة التسخين الداخلة إلى وحدات التبخير ، وذلك بالاستفادة من البخار المتكون من الوحدة الأولى في رفع حرارة المياه في الوحدة الثانية ، وكذلك الاستفادة من البخار المتكون من الوحدة الثانية في رفع حرارة المياه في الوحدة الثالثة ، وهكذا في باقي الوحدات ، ويمكن للبخار المتكون من الوحدة الأولى أن يعمل على تبخير مياه الوحدة الثانية إذا ما انخفضت درجة غليان المياه فيها عن درجة غليان المياه في الوحدة الأولى ، ويتم ذلك بخفض الضغط في الوحدة الثانية عنه في الوحدة الأولى ، إذ أن درجة الغليان تنخفض بانخفاض الضغط . ويعد هذا المبدأ هو الأساس النظري لعمل وحدات التبخير المتتابعة (المبخرات) ، ويبين الشكل (١) التغيير في درجة غليان الماء مع الضغط .

وهكذا يستمر التبخير في الوحدات المتتالية بخفض الضغط بشكل متتابع في وحدات التبخير . وبذا يعمل البخار المتكون في الوحدة الأولى على تبخير المياه في الوحدة الثانية عند تكثفه داخل هذه الوحدة، ثم يستفاد من البخار المتكون في هذه الوحدة بتبخير مياه الوحدة الثالثة ، وهكذا تتكرر فعالية البخار وتزيد نسبة إنتاج المياه العذبة (المتبخرة) بالنسبة لمصدر الحرارة الخارجي المستخدم في تبخير الوحدة الأولى ، وتعرف هذه النسبة بنسبة العائد (Gain Output Ratio - GOR) أو اقتصاد البخار (Steam Economy) أو نسبة الأداء (Performance Ratio) ، وتتراوح هذه النسبة بين ٤٪ إلى ١٠٪ في



● شكل (١) التغير في درجة غليان مياه البحر عند الضغوط المختلفة.

معظم وحدات التبخير متعدد المراحل، وتدل على كفاءة وحدات التبخير، فالمبخرات ذات الكفاءة العالية لها نسبة أداء عالية. ويمكن حساب هذه النسبة تقريباً بضرب ٠,٨ في عدد مراحل التبخير (عدد وحدات التبخير أو المبخرات) للوحدات التي تزيد عن ثلاثة.

يستخدم البخار غالباً كمصدر خارجي للحرارة لتبخير مياه الوحدة الأولى، ويوضح شكل (٢) مخططاً لآلية تحلية المياه بالتبخير متعدد المراحل حيث تدفع المياه المالحة إلى داخل وحدة التبخير الأولى وعند مرور البخار الخارجي في الأنابيب الداخلية لهذه الوحدة ترتفع درجة حرارتها إلى درجة الغليان، ثم يتوجه البخار المتكون في الوحدة الأولى إلى الأنابيب الداخلية للوحدة الثانية، مما يؤدي إلى رفع درجة حرارة الماء المالح في هذه الوحدة إلى درجة الغليان، بينما يتكثف البخار داخل الأنابيب مكوناً مياهاً عذبة، تتكرر هذه العملية بتوجيه البخار المتكون في الوحدة الثانية للتكثف داخل أنابيب الوحدة الثالثة - مكوناً مياهاً عذبة - وعاملاً على تبخير المياه المالحة فيها، وهكذا يتكثف بخار الماء المالح داخل الأنابيب الداخلية للوحدات - إبتداء من الوحدة الثانية -، شكل (٢)، مكوناً مياهاً عذبة يتم تجميعها للاستفادة منها في الأغراض المختلفة.

يستخدم - في الغالب - في تحلية المياه بطريقة التبخير متعدد المراحل من ستة إلى عشرة مبخرات، وتصنع فيها أنابيب التسخين عادة من سبائك مختلفة - من النحاس والنيكل أو غيرهما - جيدة التوصيل للحرارة ومقاومة للتآكل، وتضاف كميات من حامض الكبريت إلى المياه المراد تحليتها لخفض الرقم الهدروجيني، ومنع ترسب الأملاح على أسطح المبخرات خاصة أملاح كربونات الكالسيوم وهيدروكسيد المغنيسيوم. ويمكن إضافة عديد الفوسفات (Polyphosphates) للحد من ترسبات كبريتات الكالسيوم. وتعتمد درجة الحرارة التشغيلية القصوى للمبخرات على نوع المواد الكيميائية المضافة، إذ يمكن أن تصل هذه الدرجة إلى نحو ٩٠°م كحد أقصى في حالة إضافة عديد الفوسفات، وتصل إلى حوالي ١٢٠°م عند استعمال حامض الكبريتيك دون التعرض لمشاكل ترسب الأملاح.

عدد مراحل التبخير

تزيد كمية المياه المحلاة عملياً بزيادة عدد مراحل التبخير (عدد وحدات التبخير المتتابعة)، مما يؤثر إيجابياً على تكاليف إنتاج المياه المحلاة لتوفر كميات أكبر من المياه المنتجة، غير أن الزيادة في عدد المراحل هي في الحقيقة زيادة في رأس المال، ينتج عنها زيادة في تكاليف إنتاج المياه المحلاة. ويمكن حساب العدد الأمثل لمراحل التبخير - بالتقريب - حسب المعادلة التالية: العدد الأمثل = $\sqrt{\frac{ت}{م}}$

حيث:

(ت) تكاليف بخار التسخين لكل وحدة ماء منتج في مبخر أحادي المرحلة.

(م) التكاليف الثابتة لمرحلة كل وحدة ماء منتج.

أنواع وحدات التبخير

يمكن تصنيف وحدات التبخير متعدد المراحل إلى عدة أنواع طبقاً لعاملين أساسيين هما:-

● إتجاه سريان الماء والبخار

تصنف وحدات التبخير حسب إتجاه سريان الماء المالح والبخار المتكون في وحدات التبخير المختلفة (المبخرات) إلى نوعين رئسيين هما:-

* **وحدات التغذية الأمامية (Forward Feed):** ويكثر استعمالها في مجال تحلية المياه، وتتم بدخول المياه المالحة إلى الوحدة الأولى، ثم تنساب إلى الوحدة الثانية فالثالثة حتى آخر وحدة، كذلك يتجه البخار من الوحدة الأولى إلى الوحدة الثانية فالثالثة وهكذا حتى آخر وحدة. وبذا فإن البخار والمياه المالحة يسيران في إتجاه واحد، ويبين الشكل (٢)، ترتيب وحدات التبخير متعدد المراحل باستخدام التغذية الأمامية.

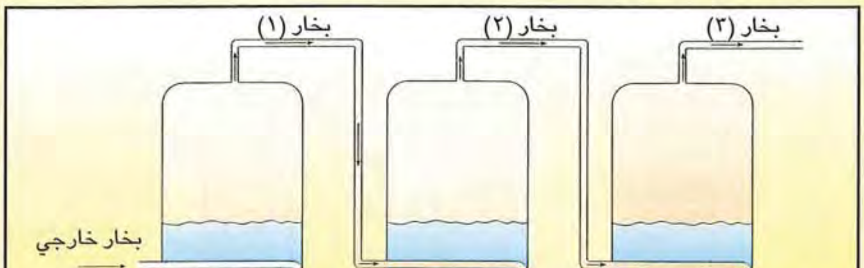
* **وحدات التغذية الخلفية (Backward Feed):** ويقل إستخدامها في مجال تحلية المياه إلا إنها تستخدم بشكل واسع في عمليات فصل المحاليل قليلة التركيز أو المحاليل التي تتأثر بارتفاع درجة الحرارة.

تتم التغذية الخلفية بدخول المياه المالحة إلى الوحدة الأخيرة، ثم تنساب إلى الوحدة التي قبلها وهكذا حتى تصل إلى الوحدة الأولى في حين أن البخار يتجه من الوحدة الأولى إلى الوحدة الثانية فالثالثة حتى آخر وحدة. وبذا فإن البخار والمياه المالحة يسيران في اتجاهين مختلفين.

● طرق نقل الحرارة

يمكن تصنيف وحدات التبخير متعدد المراحل حسب الطرق المختلفة لنقل الحرارة داخل المبخر - طبقاً للتصاميم المختلفة للأنابيب الداخلية - إلى مجموعات أهمها:

١- الأنابيب المغمورة (Submerged Tubes).



● شكل (٢) مخطط توضيحي لطريقة تحلية المياه بالتبخير متعدد المراحل

٢- الأنابيب العمودية (Vertical Tubes) .

٣- الأنابيب الأفقية (Horizontal Tubes) .

وتختلف هذه التصاميم في مقدرتها على التغلب على ظاهرة ترسب الأملاح على أسطح المبخرات و الأنابيب الداخلية ، وتسمى هذه الظاهرة بتكون القشور (Scale Formation) والتي تحد من إنتقال الحرارة بين البخار والمياه المالحة ، كما وأن هذه التصاميم تعمل على زيادة المساحة السطحية المتاحة لإنتقال الحرارة بين البخار والمياه المالحة . وتهدف هذه الأنواع المختلفة من المبخرات إلى خفض تكاليف إنتاج المياه المحلاة .

مزايا التبخير متعدد المراحل

تتم في وحدات التبخير متعدد المراحل الاستفادة من البخار الخارجي المستخدم في تبخير المياه المالحة لإنتاج كمية أكبر من المياه العذبة تفوق كمية المياه المنتجة في حالة استخدام وحدة واحدة فقط للتبخير ، وقد قدرت كمية الماء العذب المنتجة بالطن لكل طن من بخار التسخين بحوالي ٠,٩ في حالة استخدام مبخر واحد ، و ١,٧٥ في حالة استخدام مبخرين ، وحوالي ٢,٥ عند استخدام ثلاثة مبخرات ، وحوالي ٣,٢ عند استخدام أربعة مبخرات .

تمتاز طريقة التبخير متعدد المراحل بإمكانية خفض تكاليف إنتاج المياه المحلاة ، فقد قدرت نسبة إنخفاض تكاليف إنتاج محطة تحلية مياه البحر ذات سعة نحو ٢٢,٧٠٠ متر مكعب يومياً - تعمل بطريقة التبخير متعدد المراحل ذات الأنابيب العمودية - بحوالي ٢٠٪ مقارنة بمحطة أخرى تعمل بطريقة التبخير الومضي (Multi-Stage Flash-MSF) لنفس كمية المياه المنتجة .

وبالإضافة إلى ذلك هناك عدة مزايا لطريقة التبخير متعدد المراحل مقارنة بطريقة التبخير الومضي يمكن تلخيصها في النقاط التالية :

* **توفير الطاقة :** حيث أن البخار المتكون في وحدات التبخير متعدد المراحل يستفاد منه عند نفس درجة الحرارة المتكون عندها ، ولايحتاج إلى رفع درجة حرارة المياه المالحة إلى درجة حرارة أعلى من درجة غليانها .

* **قلة تكوين الأملاح :** إذ أن المياه الداخلة لمحطة التبخير متعدد المراحل ذات التغذية الأمامية تكون عند أقل تركيز للأملاح وعند أعلى درجة حرارة ، وبذا تقل احتمالية تكوين الأملاح وترسبها على أسطح المبخرات .

* **إنخفاض الطاقة الكهربائية المستهلكة :** حيث تستهلك طريقة التبخير الومضي طاقة كهربائية لتحريك مضخات تدوير المياه ، في حين أن طريقة التبخير متعدد المراحل لاتحتاج إلى هذه المضخات .

* **عدم الاعتماد على ظاهرة الاتزان (Equilbrium) :** حيث يؤثر الاتزان بين البخار والسائل على أداء محطات التبخير الومضي ، إذ تعمل وحدات التبخير في هذه المحطات بكفاءة عالية عند الاتزان التام بين البخار والسائل ، في حين أن محطات التبخير متعدد المراحل لاتتأثر بظاهرة الاتزان بين البخار والسائل ، إذ أن البخار المتكون يستفاد منه عند نفس درجة الحرارة المتكون عندها ولايحتاج إلى وصوله إلى مرحلة الاتزان مع السائل .

* **قلة عدد الوحدات المطلوبة :** فللحصول على نسبة عائد (نسبة الأداء أو اقتصاد البخار) تعادل ١٠ فإنه يحتاج إلى ١٣ مبخراً تقريباً في محطة تحلية المياه بطريقة التبخير متعدد المراحل ، في حين أنه يلزم من ٣٠ إلى ٣٦ مبخراً تقريباً في محطة تحلية المياه بطريقة التبخير الومضي للحصول على نفس نسبة العائد المذكورة أعلاه .

ويبين الجدول (١) دراسة اقتصادية مقارنة بين طريقة تحلية المياه بالتبخير متعدد المراحل مقارنة بطريقة التبخير الومضي ، ويظهر من هذا الجدول تميز طريقة تحلية المياه بالتبخير متعدد المراحل اقتصادياً عن التبخير الومضي .

مستقبل التبخير متعدد المراحل

على الرغم من انحسار سوق محطات تحلية المياه بالتبخير متعدد المراحل عند بدء الإنتاج التجاري - على نطاق واسع - لكل من محطات التبخير الومضي في أواخر الستينيات الميلادية ، والتناضح العكسي في منتصف السبعينيات الميلادية ، إلا أن هذه الطريقة قد تشهد رواجاً في الفترة الراهنة ، وذلك لعدة عوامل هي مايلي :

١- إنخفاض إستهلاك الطاقة مقارنة بطرق التحلية الحرارية الأخرى ، مما يزيد من الإقبال عليها - في الفترة الأخيرة - خصوصاً في المناطق الريفية حيث ترتفع تكاليف الطاقة كثيراً .

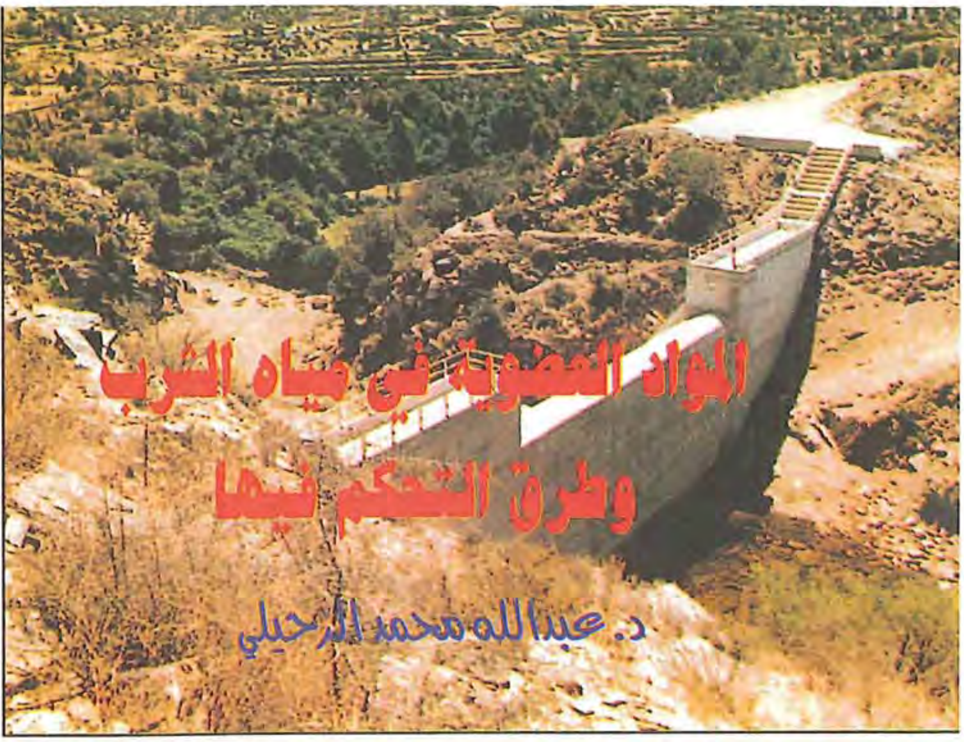
٢- العمل عند درجات حرارة معتدلة في حدود ٦٥°م إلى ٧٠°م ، كما وأن المبخر الأخير يعمل عند درجة حرارة نحو ٣٨°م ، وهذه الدرجات من الحرارة تحد من إمكانية ترسب الأملاح أو تآكل أسطح المبخرات .

٣- سهولة ربط هذه الطريقة بطرق التحلية الأخرى (مثل طريقة التناضح العكسي) ، وسهولة تشغيلها بالمصادر المختلفة من الطاقة مثل الطاقة الشمسية أو الطاقة النووية ، كما هو موجود في محطة كازاخستان في الاتحاد السوفيتي سابقاً التي بدأت العمل في ١٦ يوليو ١٩٧٣م ، وتغذى حرارياً عن طريق البخار المولد من المفاعل الولود السريع ذي التبريد الفلزي السائل (LMFBR) من نوع (BN-350) وتعمل محطات التحلية الثلاث عشرة بطريقة التبخير متعدد المراحل .

العامل	متعدد المراحل	الومضي
رأس المال (دولار/م³ يومياً)	١,٨٥	٢,٣
صيانة وتشغيل (دولار/م³ يومياً)	٠,٨٨	١,١١
تكلفة إنتاج المياه (دولار/م³)	١,٤٩	١,٨

المصدر: O.J Martin etal, Design and Operating Comparison MSF & MED Systems, Desalination 93, 69,1993.

● جدول (١) مقارنة بين طريقة تحلية المياه بالتبخير متعدد المراحل وطريقة التبخير الومضي



المواد العضوية في مياه الشرب وطرق التحكم فيها

د. عبدالله محمد الرحيلي

أدى إكتشاف بعض المركبات العضوية في عدد من مصادر المياه وفي المياه المعالجة خلال النصف الثاني من هذا القرن إلى تحول كبير في أساليب معالجة المياه، وفي النظرة إلى مصادر المياه وحمايتها من التلوث البيئي. كما أن مواصفات جودة المياه قد تطورت بما يتوائم مع اكتشاف مواد عضوية عديدة ومتنوعة في مياه الشرب. وتأتي المواد العضوية إلى مصادر المياه إما نتيجة لعمليات حيوية طبيعية تحدث في تلك المصادر أو كعرض من أعراض تلوث المياه بالمخلفات الصناعية والزراعية ومخلفات المدن.

وقد كان الاعتقاد السائد سابقاً هو أن المواد العضوية ذات المنشأ الطبيعي، خصوصاً في المياه السطحية، تؤثر فقط في طعم ورائحة الماء، ويمكن التعامل معها بإستخدام بعض الأساليب التقليدية لمعالجة هذه الظاهرة، إلا أنه اكتشف في عام ١٩٧٤م أن هذه المواد تشكل بتفاعلها مع الكلور الذي يستخدم بشكل واسع في تطهير المياه عدداً من المركبات العضوية الهالوجينية ذات الأخطار الكبيرة على الصحة.

وتشكل المركبات العضوية المصنعة خطراً كبيراً على الصحة العامة، وقد لوحظ ذلك بوضوح في تلوث بعض مصادر المياه في العديد من الدول الصناعية، وتتألف هذه الملوثات من مركبات عضوية عديدة بعضها لا تعرف أضرارها الصحية بدقة تكفي لوضع حد معين لتركيزها في المياه، كما أن هناك مواد عضوية جديدة تصنع بإستمرار بمعدلات تتجاوز معدلات دراسة هذه المواد ومعرفة آثارها الصحية، وفي كثير من الأحيان لاتوجد طرق تحليلية تكفي لقياس الملوثات وتحديد تركيزها بدقة في مياه الشرب. وتشمل هذه الفئة من المواد العضوية العديد من المواد الكيميائية التي تستخدم في الصناعات المختلفة والمبيدات الزراعية والحشرية وأدوات التنظيف. وتجدر الإشارة إلى أن تقنيات القياس الموجودة حالياً تكفي فقط لتحديد عدد قليل من المواد العضوية في المياه، حيث أنه قد أمكن قياس حوالي ٥٠٠ فقط من المركبات العضوية البالغ عددها حوالي مليونين في مياه الشرب.

وكدليل على حجم المشكلة المتعلقة بالمواد العضوية في المياه فإن هيئة حماية البيئة الأمريكية قامت في عام ١٩٧٦م بإعداد قائمة بالملوثات ذات الاهتمام الأول (Priority Pollutants) في تهديد مصادر المياه، تحتوي على ١٢٩ من الملوثات، تحتل المواد العضوية ١١٤ منها، كما أن هذه القائمة في ازدياد مستمر مع توفر معلومات وخبرات جديدة.

وفي هذه المقالة سنستعرض بإيجاز مصادر وخصائص المواد العضوية في مياه الشرب وأساليب التحكم فيها، كما سنتحدث عن عملية الإمتزاز بإستخدام الكربون المنشط كإحدى العمليات المهمة في هذا الصدد.

مصادر وخصائص المواد العضوية في المياه

يمكن حصر المصادر الرئيسة للمواد العضوية في المياه في النشاطات التالية :-

- ذوبان المواد العضوية الموجودة طبيعياً في المياه.
- المركبات العضوية الناتجة عن التفاعلات الكيميائية التي تحدث أثناء تطهير ومعالجة ونقل المياه.
- الملوثات الناتجة مباشرة عن الاستخدامات التجارية للمواد الكيميائية المصنعة.
- هناك عدد من المواد العضوية الطبيعية التي وُجد أنها تسبب بعض الطعم والرائحة غير المقبولين في مياه الشرب، كما يمكن أن تصل المواد الكيميائية العضوية السامة إلى مياه الشرب. ومن أمثلتها المواد العضوية المسرطنة المعروفة والتي تم إكتشافها في مياه الشرب مثل كلوريد الفينيل والبنزين ومواد أخرى، إضافة إلى أن بعض المواد التي يشتبه في أنها مسرطنة مثل الكلوروفورم يتم إكتشافها من وقت لآخر في مياه الشبكات العامة عند تركيزات منخفضة جداً. وهناك سؤال لم يتم الإجابة القطعية عليه وهو «عند أي مستوى تصبح الملوثات العضوية الطفيفة ذات خطر مباشر على صحة الإنسان ؟»

تشكل بعض المواد مثل المبيدات والهدروكربونات المكلورة الناتجة عن مصادر صناعية جزءاً بسيطاً من كتلة المواد العضوية الموجودة في معظم أنظمة المياه، حيث تكون غالباً في حدود تركيز يقاس بوحدات الجزء في البليون، بينما يصل تركيز المواد العضوية الكلية مقاسة بمقياس الكربون العضوي الكلي (Total Organic Carbon-TOC) إلى حدود عدة أجزاء من المليون.

ويوضح جدول (١) حدود تركيز تلك المواد في عدد من مصادر المياه وفي مياه المستنقعات.

● المواد العضوية الطبيعية (المركبات الهيومية)

تتكون المواد العضوية الطبيعية في مصادر المياه نتيجة لتفاعلات كيميائية وحيوية للمواد العضوية الناتجة عن التربة

مصادر المياه	المواد العضوية الكلية (TOC)
المياه الجوفية	٠,١ – ٢
المياه السطحية	١ – ٢٠
مياه البحر	٠,٥ – ٥
المستنقعات	٨٠ – ٢٥٠

جدول (١) حدود تركيز المواد العضوية في بعض مصادر المياه (ملجم/لتر).

والنباتات، ويطلق على هذه المواد مجتمعة المواد الهيومية (Humic Substances). ويتم خلال عملية تكوين هذه المواد أكسدة كيميائية وحيوية للكربوهيدرات والبروتينات بواسطة تفاعلات معقدة تتم في الوسط المائي، حيث تتحد المركبات الناتجة مع نواتج تحلل اللجنين والتانين من النباتات مع إفرازات الكائنات الدقيقة الحية والميتة.

وليس هناك وصف شامل لطبيعة التفاعلات المكونة لتلك المواد، ولا للتركيب الكيميائي الدقيق للمركبات الناتجة، إلا أن المواد الهيومية تصنَّف بشكل عام إلى أحماض هيومية (Humic Acids) وأحماض فلفية (Fulvic Acids)، وذلك بناءاً على ذوبانية كل منها في الأحماض والقواعد. فالأحماض الهيومية تذوب في الوسط القاعدي وترسب في الوسط الحمضي ولها وزن جزيئي قد يصل إلى ٢٠٠,٠٠٠، بينما تذوب الأحماض الفلفية في الوسط الحمضي ولها وزن جزيئي يتراوح بين (٢٠٠–١٠٠٠). ويُعتقد بأن المواد الهيومية لها دور كبير في تكوين العديد من المركبات العضوية المكلورة والمركبات الميثانية ثلاثية الهالوجين (THM'S) الناتجة عن استخدام الكلور في تطهير مياه الشرب.

• نواتج المعالجة والتطهير والنقل

إن استخدام المواد الكيميائية في معالجة المياه سواءاً لعمليات التطهير أو عمليات الترسيب قد يتسبب في تكوين أو إضافة مواد جديدة لم تكن موجودة أصلاً في مياه الشرب.

وتلاقي المركبات الميثانية ثلاثية الهالوجين (THM'S) والمواد العضوية المكلورة الأخرى اهتماماً كبيراً يشغل العاملين في حقل المياه، حيث أن هذه المركبات التي يشتبه في أنها مسرطنة تتكون كما أسلفنا نتيجة إتحاد الكلور مع المواد العضوية الطبيعية في المياه. كذلك فإن البحث عن بدائل عن الكلور أدى إلى إستخدام مركبات مطهرة مثل الأوزون، والتي هي أيضاً تؤدي إلى تكوين بعض المركبات العضوية الغريبة على المياه مثل الألديهايدات والكيتونات وأحماض الكربوكسيل والفثالات، بالإضافة إلى ذلك فإن بعض البوليمرات التي تستخدم كوسائل مساعدة في عمليات التخثير والترويب الكيميائي قد يتبقى جزء ضئيل منها في مياه الشرب، هذا بالإضافة إلى وجود تركيزات ضئيلة من بعض المركبات العضوية الأخرى مثل رابع كلوريد الكربون (CCL_4) في بعض مياه الشرب، حيث أن هذا المذيب الكيميائي يستخدم في تنظيف أسطوانات الكلور.

وتعد مواد أنابيب المياه وكذلك بعض الطلاءات التي تدهن بها الأنابيب من الداخل لحمايتها من التآكل مصدراً آخراً قد يضيف بعض المركبات العضوية إلى مياه الشرب أثناء نقلها في شبكات التوزيع. فعلى سبيل المثال فإن بعض المركبات العطرية متعددة الأنوية (PNA) يمكن أن تنتقل إلى المياه من طبقات قطران الفحم التي تغلف بها بعض أنابيب المياه من الداخل، كذلك فإن استخدام الأنابيب البلاستيكية في نقل المياه قد يتسبب في التالي :–

– إنحلال بعض الشوائب الأولية من البلاستيك المبلمر، مثل إنحلال كلوريد الفينيل من أنابيب (PVC).

– تسرب المذيبات من الغراء المستخدم في وصل الأنابيب، من أمثلة ذلك ميثيل إيثيل كيتون (MEK)، وثالث كلور الإيثين (TCE)، ورابع كلور الإيثين (PCE).

– نفاذ المركبات العضوية من التربة إلى داخل الأنابيب.

• المركبات العضوية الصناعية

يمكن أن تتعرض مصادر المياه ومياه الشرب العامة لعدد من المركبات العضوية المصنعة والتي تستخدم في النشاطات الصناعية والزراعية، وكذلك ما يستهلك منها في الاستخدامات والنشاطات داخل المدن، وعلى الرغم من أن المياه السطحية هي أكثر عرضة للتلوث بهذه المركبات، إلا أن المياه الجوفية يمكن أن يصلها التلوث أيضاً. وتتعرض المياه الجوفية في العادة للتلوث من مصادر معينة ومعروفة حول تلك المصادر (Point Sources) بينما تتعرض المياه السطحية غالباً للتلوث العضوي من مصادر متداخلة ومتنوعة قد لاتكون محددة المعالم (Non-point Sources)، كما أن المصانع الكبيرة عادة تكون موجودة بالقرب من المسطحات المائية الرئيسية.

وتشكل الصناعات التي تستخدم كميات كبيرة من المواد الكيميائية في عملياتها الصناعية أهم مصادر التلوث بالمواد العضوية، يليها محطات معالجة مياه الصرف الصحي كمصادر تلوث محدودة. وتعد المبيدات الزراعية أيضاً من المصادر المهمة في التلوث العضوي لمصادر المياه، خصوصاً تلك التي تحتوي على مواد مقاومة للتحلل الحيوي في البيئة مثل مبيدات (DDT)، بينما يكون الأثر البيئي أقل خطراً مع المبيدات القابلة للتحلل الحيوي مثل مبيدات الفوسفات العضوي. وتجدر الإشارة إلى أن طرق القياس المتوفرة حالياً تستطيع تقدير تركيزات عدد ضئيل من الملوثات العضوية في حدود المستويات الموجودة في المياه، لكن التطور السريع والهائل في أجهزة القياس سوف يؤدي إلى إمكانية قياس عدد أكبر من هذه المركبات مستقبلاً. وقد تصل الملوثات العضوية المصنعة إلى مصادر المياه بالطرق التالية :–

– التخلص من الفضلات الكيميائية في مدافن النفايات الصلبة.

– حوادث التسرب أثناء تخزين ونقل المواد الكيميائية.

– مياه الصرف من المصانع والنشاطات التجارية.

– التخلص من مياه الصرف الصحي مباشرة إلى المسطحات المائية أو بصورة غير مباشرة بحقن الخزانات الجوفية.

إزالة المواد العضوية من المياه

يمكن إزالة المواد العضوية من المياه باستخدام عدد من عمليات المعالجة والتي تشمل النزع بالتهوية، الإمتزاز باستخدام الكربون المنشط، والتبادل الأيوني، والتناضح العكسي، والأكسدة، والترويب، والترسيب. وتعد بعض هذه العمليات من الأساليب الحديثة والجديدة على تقنيات

معالجة المياه ، خصوصاً عند استخدامها لغرض إزالة المواد العضوية ، كما أن بعضها يعد من أكثر عمليات المعالجة تكلفة ، ولا يتم إستخدامه إلا في حالة إخفاق الأساليب التقليدية لمعالجة المياه في السيطرة على مشكلة المواد العضوية .

وتتفاوت العمليات المذكورة في كفاءتها لإزالة المواد العضوية ، حيث أن كلاً منها يمكن أن يكون مناسباً لبعض المواد العضوية وليس لجميعها ، ونستعرض فيما يلي إمكانات كل عملية والمواد التي يمكن أن تزيلها :-

• النزع بالتهوية

تستخدم عملية النزع بالتهوية (Air Stripping) في إزالة المواد العضوية المتطايرة ذات الذوبانية المنخفضة في المياه والتي لها وزن جزيئي منخفض ، مثل الكلوروفورم ، والبنزين ، والبروموفورم ، والكلوروبنزين ، ورابع كلوريد الكربون ، والهيكسان والديكان .

• الأكسدة والترسيب الكيميائي

ينجم عن عمليات الأكسدة (Oxidation) بإستخدام الكلور أو برمنجنات البوتاسيوم أو مؤكسدات أخرى تحويل المواد العضوية الطبيعية مثل الأحماض الهيومية والأحماض الفلفية إلى مركبات يمكن ترسيبها لاحقاً بواسطة عمليات التخثير والترويب (Coagulation) بإستخدام المروبات المشهورة مثل الشب - كبريتات الألمنيوم $[Al_2(SO_4)_3]$ - والبوليمرات المساعدة في الترسيب . كما أن هذه العمليات يمكن أن تكون بمثابة خطوة أولى تسبق عمليات أكثر كفاءة مثل النزع بالتهوية والإمتزاز بالكربون المنشط والتبادل الأيوني ، حيث يمكن بهذا الأسلوب التحكم في عدد كبير من الملوثات العضوية الموجودة في المياه .

• التبادل الأيوني

يمكن بإستخدام راتنجات التبادل الأيوني (Ion Exchange Resins) إزالة بعض المواد العضوية ذات الذوبانية العالية في المياه والتي لها أوزان جزيئية صغيرة . من أمثلة تلك المواد ريزوركينول ، والفينول ، وأحماض عضوية أخرى .

• التناضح العكسي

تستخدم أغشية التناضح العكسي (Reverse Osmosis) عادة في مجال المياه لإزالة الأملاح من المياه الجوفية ومياه البحر ، كما أن لهذه العملية كفاءة عالية في إزالة العديد من المواد العضوية ، وتخضع في الوقت الحاضر إلى تطور هائل على جميع الأصعدة . إلا أن استخدام التناضح العكسي لإزالة المواد العضوية فقط يعد من الأمور المكلفة جداً ، لذلك فإن العملية لا تسخر لإزالة المواد العضوية ، بل إن إزالة تلك المواد تحدث متزامنة مع إزالة الأملاح عند استخدام هذه التقنية لتحلية المياه المالحة .

• الإمتزاز بالكربون المنشط

يمكن إستخدام الكربون المنشط في إزالة المركبات العضوية المقاومة للتحلل البيئي ، مثل المبيدات ، والعطريات متعددة الأنوية (PNA) ، ولندان ، وأركلور١٢٣٢ ، وبيرين ، وأركلور ١٢٥٤ ، ودايألدرين ، وألدرين .

وقد أصبح إستخدام عملية الامتزاز (Adsorption) على السطوح الصلبة وخصوصاً الكربون المنشط من العمليات الواسعة الإستخدام في معالجة المياه العامة ومياه الصرف .

ويمكن تعريف عملية الامتزاز على أنها عملية « تجميع أو تركيز المواد على سطح أو فاصل بين وسطين » ، كأن يكون ذلك بين سائل وسائل ، غاز وسائل ، غاز ووسط صلب ، أو سائل ووسط صلب ، وتسمى المادة التي يتم إزالتها بالمادة الممتزّه (Adsorbate) والوسط الذي يتم عليه تركيز تلك المادة بوسط الإمتزاز (Adsorbent) ، ويكون الكربون المنشط في حالة إستخدامه في إزالة المواد العضوية من المياه هو وسط الإمتزاز .

ويُصنع الكربون المنشط (Activatd Carbon) تجارياً من مواد خام متنوعة تشمل الخشب ، والفحم البني (Lignite) ، والفحم ، والعضم ، والبقايا النفطية ، وقشور جوز الهند . ويتم تنشيط المادة الخام في العادة في جو يحتوي على أول وثاني أكسيد الكربون ، والأكسجين ، وبخار الماء ، والهواء أو غازات أخرى مختارة ، عند درجة حرارة تقع بين ٣٠٠ - ١٠٠٠مْ ، يلي ذلك التبريد السريع بالهواء أو الماء . ونظراً لكثرة الشوائب في المواد الخام وللتفاوت في درجات الحرارة بين طبقات الكربون أثناء عملية التنشيط ، فإن سطوح الكربون ومساماته الناتجة تكون غير متجانسة ويصعب توصيفها ،وتعتمد عملية الامتزاز على العوامل التالية :-

※ **كفاءة الامتزاز :** وتعتمد على عدد من العوامل تشمل طبيعة الكربون وخصائصه ، طبيعة المواد العضوية المراد إزالتها ، وخصائص المياه التي يستخدم معها الكربون ، والصورة التي يستخدم فيها الكربون .

تعد المساحة السطحية وحجم المسامات للكربون المنشط من أهم الخصائص في عملية الامتزاز ، حيث أن الخصائص تحدد مدى كفاءة عملية الإمتزاز بتحديد طاقة الكربون للتشبع بالمواد العضوية أثناء العملية . وقد تبلغ المساحة السطحية للكربون حدود تتجاوز ١٠٠٠م٢ لكل

• جانب من وحدات التناضح العكسي مع أجهزة التحكم.

جرام من الكربون، كما أن حجم المسامات قد يتجاوز واحد سم٣ لكل جرام، وتحتوي حبيبات الكربون على مسامات دقيقة جداً يتراوح قطرها على النوع الواحد من الكربون من ٠,٠١ - ١٠٠ ميكروجرام.

ولطبيعة المواد المراد إزالتها دور مهم في كفاءة العملية، حيث أن هناك علاقة عكسية بين كفاءة الامتزاز ومدى ذوبانية المادة العضوية في الماء، كما أن هناك علاقة وثيقة بين الوزن الجزيئي للمادة العضوية وكفاءة الإمتزاز، حيث أن الامتزاز يكون أسرع كلما قل الوزن الجزئي للمادة المزالة، خصوصاً إذا كانت الإزالة تتم داخل مسامات الكربون. كما أن الخصائص الكهربائية للجزيئات العضوية لها دور كبير في كفاءة العملية نتيجة للروابط بين المادة العضوية والكربون من جهة والروابط بين المادة العضوية والماء من جهة أخرى.

وهناك عوامل أخرى كثيرة متعلقة بخصائص المياه وظروف عملية الإمتزاز، كتأثير درجة الحرارة والرقم الهيدروجيني (pH) على العملية، وكذلك مدى التنافس بين المادة المراد إزالتها والمواد الأخرى الموجودة في الماء والتي لها أيضاً قابلية الإزالة بالكربون، وهذا ما يعرف بإمتزاز الشوائب المختلطة (Adsorption of Mixed Solutes).

* **ديناميكية الإمتزاز :** وتخضع كأي تفاعل فيزيائي - كيميائي إلى قوانين الديناميكا الحرارية، حيث أن هذه التفاعلات لو أعطيت الوقت الكافي فإنها تصل إلى حالة الإتزان، أي أن المادة المراد إزالتها تتركز على سطح الكربون بمقدار يتناسب مع المقدار المتبقي منها في الماء عند مرحلة الإتزان (Equilibrium). ويمكن إستخدام حالة الإتزان هذه تجريبياً في الحصول على طاقة الكربون لإزالة المواد العضوية المحدودة، وكذلك معدل الإمتزاز (Adsorption Rate)، حيث يمكن تجريب العديد من أنواع الكربون المنشط لمعرفة كفاءتها في إزالة مادة عضوية معينة وذلك بإجراء ما يعرف بإختبار خط تحاور الإمتزاز (Adsorption Isotherm)، والذي يتم خلاله إضافة جرعات متفاوته من الكربون في أوعية منفصلة إلى كمية متساوية من الماء المحتوي على المادة العضوية المراد إزالتها مع خلطها لمدة كافية للوصول إلى الإتزان ثم حساب تركيز المادة العضوية على الكربون وتركيزها في الماء ورسم علاقة بينهما.

وهناك عدد من النظريات لوصف عملية الإمتزاز وتحديد طبيعة العمليات التي تتحكم في إمتزاز المواد بواسطة الكربون المنشط، ويمكن تلخيص الخطوات المتتالية التي يتم فيها إزالة مادة معينة بواسطة الكربون المنشط على النحو التالي :-

١- إنتقال المادة العضوية خلال غشاء سطحي من الماء إلى السطح الخارجي للكربون (Film Diffusion).

٢- إنتشار المادة ومرورها خلال مسامات الكربون (Pore Diffusion).

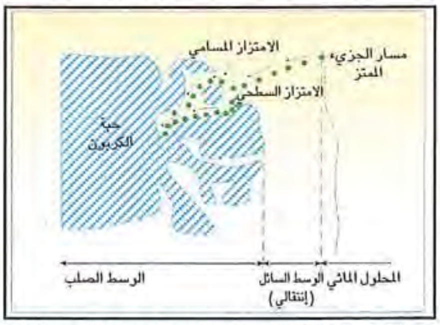
٣- إمتزاز المادة على السطوح الداخلية لمسامات الكربون والفراغات الشعرية بداخله.

ويوضح الشكل (١) عملية إنتقال جزيئات المواد العضوية (الملوثات) من الوسط المائي إلى سطح الكربون المنشط.

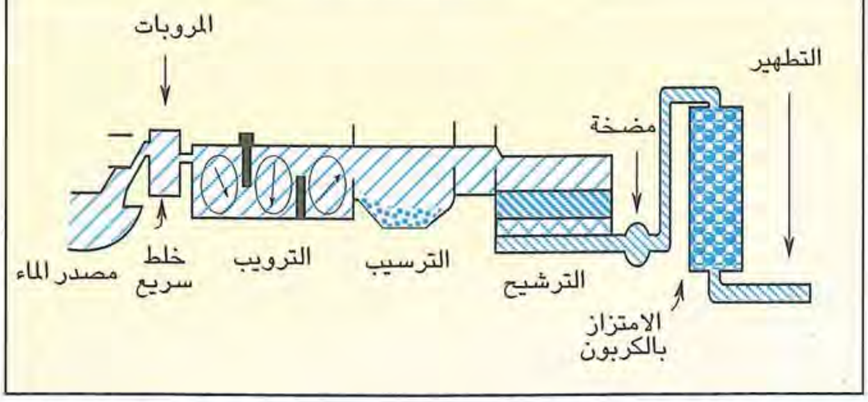
ويمكن إستخدام الكربون المنشط على صورة مسحوق (بودرة) في عمليات يكون فيها الكربون مخلوطاً مع الماء في أحواض خاصة، أو ضمن عمليات الترسيب الكيميائي التي تسبق المرشحات ذات الوسط الحبيبي في محطات معالجة المياه، وقد أستخدم هذا الأسلوب لإزالة المواد العضوية المسببة للطعم والرائحة في مياه الشرب، أو لإزالة مركبات أخرى صناعية قد وصلت إلى مصادر المياه. إلا أن الأسلوب الأكثر استخداماً للتعامل المباشر مع المركبات العضوية الطبيعية أو الصناعية في مياه الشرب يعتمد على استخدام الكربون المنشط بصورته الحبيبية في فرشات تشبه في شكلها وتشغيلها المرشحات ذات الوسط الحبيبي، حيث يكون وسط الترشيح في هذه الحالة هو الكربون المنشط، والذي يقوم بدور المرشح ودور إزالة المواد العضوية المحددة عن طريق الإمتزاز.

تطبيقات الكربون المنشط في المياه

يوضح الشكل (٢) مثالاً على إستخدام مرشحات الكربون المنشط كمعالجة إضافية للمعالجة التقليدية لمياه الشرب من المصادر السطحية، حيث يتم مرور المياه المعالجة بعد المرشحات الرملية (أو ربما المرشحات متعددة الوسط) إلى المرشحات الكربونية وذلك لإزالة المواد العضوية التي لم يتم التخلص منها في المعالجة الأولية. وفي التشغيل الفعلي لمرشحات الكربون فإن المرشح يُعبأ في البداية بالكربون الجديد ويتم تشغيله عند معدل ترشيح (سرعة ترشيح) محدد وبعمق مختار بحيث تقضي المياه بمرورها على الكربون فترة زمنية معينة تتراوح عادة من ١٥-٣٠ دقيقة تُعرف بزمن المكوث (EBCT)



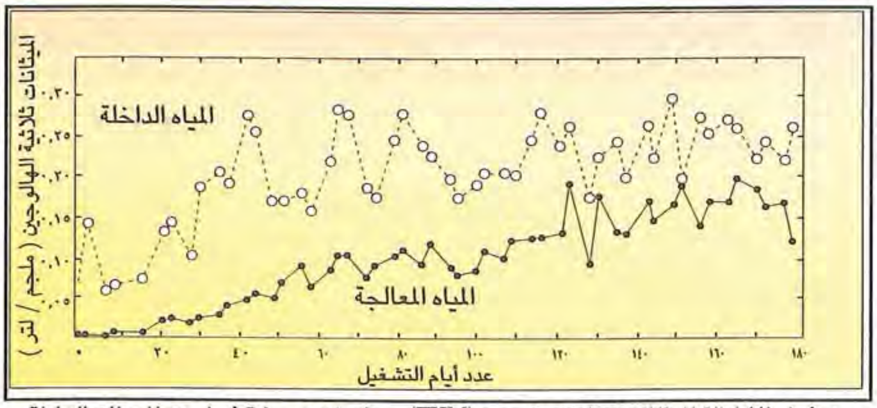
● شكل (١) الإمتزاز المسامي والسطحي على حبيبات الكربون المنشط



● شكل (٢) تعديل محطة المعالجة التقليدية لتشمل عملية الإمتزاز بالكربون المنشط

محسوباً بناءاً على تدفق المياه خلال المرشح والحجم الفارغ للمرشح ، كما أن سرعة الترشيح تحدد المساحة السطحية للمرشح الكربوني . ويستمر المرشح بالعمل بإزالة أكبر من قيمة محددة ، عندها يوقف المرشح ويتم إزالة الكربون من داخله وإستبداله بكربون جديد أو يتم إعادة تنشيط الكربون المستهلك وإعادته إلى العمل مرة أخرى ، حيث أن بعض محطات المعالجة الكبيرة تحوي أيضاً نظاماً لإعادة تنشيط الكربون (Regeneration) يكون على المدى البعيد أكثر جدوى إقتصادية من إرساله إلى جهة أخرى لإعادة تنشيطه . وتجدر الإشارة إلى أن عملية إعادة التنشيط تتطلب تحريك الكربون وتسخينه في أفران خاصة عند درجات حرارة عالية ، وبإستخدام بخار ماء وظروف إحتراق محددة يعود بعدها الكربون إلى الحالة النشطة ، إلا أنه خلال هذه العملية يتم فقد نسبة من الكربون يتم تعويضها بكربون جديد .

ويوضح الشكل (٣) إمتزاز مركب الكلوروفورم بإستخدام سبع نوعيات مختلفة من الكربون المنشط . كما يوضح الشكل (٤) إزالة المركبات الميثانية ثلاثية الهالوجين (THM) من المياه بإستخدام المرشحات الكربونية في إحدى محطات المياه .



● شكل (٤) إزالة الميثانات ثلاثية الهالوجين (THM) بمرشحات كربونية في إحدى المحطات العاملة

الإستنتاجات

تم في هذه المقالة إستعراض موجز لمصادر وخصائص المواد العضوية في مياه الشرب وأساليب التحكم فيها ، ويمكن تلخيص بعض الإستنتاجات على النحو التالي :-

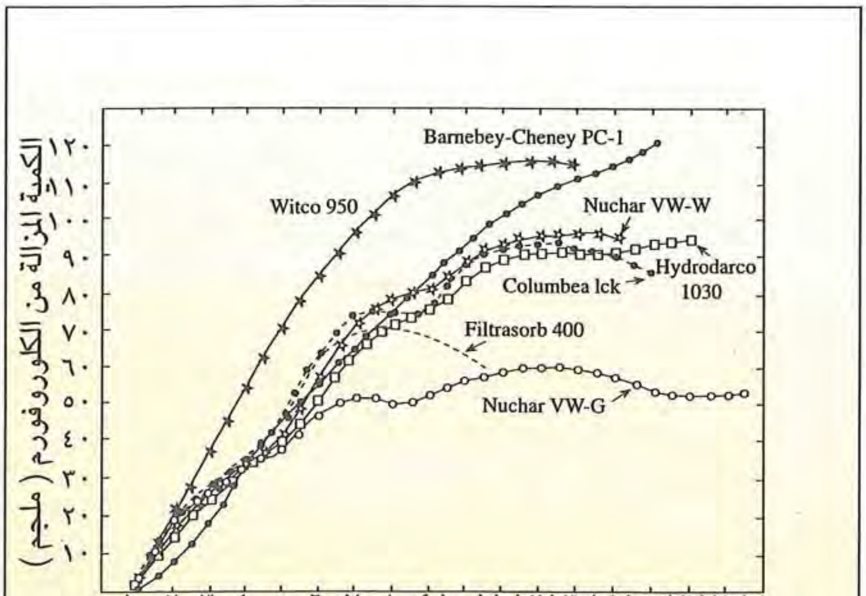
– تصل المواد العضوية إلى مصادر المياه ومياه الشرب إما من مصادر طبيعية ناتجة عن تحلل النباتات والأحياء المائية حيوياً وتكوين عدد من المركبات المعروفة مجتمعة باسم المواد الهيومية ، أو نتيجة للمواد الكيميائية المستخدمة في معالجة المياه ومواد الأنابيب والعوازل المستخدمة فيها ، أو بالتلوث المباشر أو غير المباشر بالمواد العضوية المصنعة الناتجة عن النشاطات الصناعية والزراعية والتجارية والإستخدام العام .

– تتفاوت خصائص المواد العضوية في المياه بتفاوت مصادرها ويكون أثرها البيئي متعدد ، حيث أن بعضها سام والبعض مسرطن والآخر غير معروف أضراره بصورة واضحة .

– يمكن لطرق التحليل والقياس المتوفرة حالياً التعرف بدقة على عدد محدود جداً من الملوثات العضوية التي يحتمل وصولها إلى مصادر المياه ، مما يستدعي المزيد من الحذر في التعامل مع الكثير من هذه المواد والبحث الدؤوب عن أساليب قياسية متطورة للتعامل مع العدد الهائل من المركبات العضوية المائية .

– تعد التقنيات الممكنة للتعامل مع الملوثات المائية العضوية من الأساليب باهظة التكاليف في مجملها ، كما أن كل نوع من هذه التقنيات يمكنه إزالة نوعيات محددة من المركبات العضوية ، وهذا قد يؤدي إلى ضرورة إستخدام عدد من هذه التقنيات للتعامل مع ملوثات متنوعة في مصدر واحد من مصادر المياه ، مما يزيد في التكلفة الإجمالية إلى حدود قد لاتكون ممكنة لمجتمع معين .

– يعد الكربون المنشط أحد الأساليب المتطورة والميسرة - إلى حد ما - للتعامل مع بعض المواد العضوية في المياه والتي يمكن دمجها مباشرة مع محطات المعالجة القائمة ، كما أن العملية يتحكم فيها عدد من العوامل التي يجب أخذها بالإعتبار عند إختيار نوعية الكربون المناسب وتحديد معايير تصميم وتشغيل المرشحات الكربونية .



● شكل (٣) الإمتزاز التراكمي للكلوروفورم بواسطة ٧ أنواع من الكربون المنشط

ترشيد استخدام الميــاه العذبـة

تعاني المملكة العربية السعودية كغيرها من البلدان التي تقع في المناطق الصحراوية من شح في مواردها المائية ، حيث تعتمد مصادر المياه في المملكة على أربعة مصادر هي : المياه السطحية ، والمياه الجوفية ، ومياه البحار المحلاة ، ومياه الصرف الصحي المعالجة . وتستخدم الثلاثة الأولى منها لأغراض الشرب أما الأخيرة فتستخدم فقط للأغراض الزراعية والصناعية .

* **المياه السطحية :** وهي المياه الناتجة عن مياه الأمطار التي يبلغ معدلها السنوي حوالي ١١٠ملم ، حيث يزيد هذا المعدل في المنطقة الجنوبية الغربية إلى حوالي ٦٠٠ ملم بينما يقل عن المعدل السنوي بكثير في بعض المناطق الداخلية مثل الربع الخالي أو المنطقة الشمالية . وقد قدرت كمية المياه السطحية في العام ١٤١٥/١٤١٦هـ بحوالي ٢٠٠٠ مليون متر مكعب تم حجزها بواسطة ١٨٤ سداً ، إضافة إلى وجود سدود أخرى تحت التنفيذ يبلغ مجموع سعتها ٧٧٢ مليون متر مكعب .

* **المياه الجوفية :** وتشمل المياه الجوفية الضحلة التي تتأثر إيجابيا بعد هطول الأمطار ، وتوجد في الرواسب الذوبانية وصخور القاعدة المركبة المعرضة لعوامل التعرية ، وتقدر كمية المياه التي تغذي هذه الطبقات بحوالي ٩٤٠ مليون متر مكعب ، كما تشمل المياه الموجودة في الأجزاء غير المحصورة من الطبقات الحاملة للمياه وتقدر التغذية السنوية لهذه الطبقات بحوالي ٢٠٠٠ مليون متر مكعب ، أما بالنسبة للمياه الجوفية العميقة فتتواجد في الأجزاء المحصورة من الطبقات الحاملة للماء

* **المياه المحلاة :** وهي مورد هام لمياه الشرب ولا تستخدم في غيره ، ويوجد ٢٤ محطة تحلية بلغ إنتاجها في عام ١٤١٥هـ ٧١٩ مليون متر مكعب ، وسيصل إنتاج المحطات مع نهاية الخطة السادسة إلى حوالي ١٠٥٠ مليون متر مكعب/سنة .

وبإلقاء نظرة على الموارد المائية نجد أنها لا تتناسب مع النمو السكاني ، وبالتالي فإن ترشيد استخدام المياه بشكل عام ومياه الشرب بشكل خاص يعد ضرورة وطنية ملحة تستوجب تضافر جميع الجهود لتفعيلها وجعلها هاجس المواطن قبل المسؤول .. ومن هذا المنطلق مارست وزارة الزراعة والمياه والمصلحة العامة للمياه والصرف الصحي دوراً توعوياً مكثفاً لإبراز دور المواطن في الحفاظ على هذه الثروة ، وذلك من خلال التعاقد مع بعض المؤسسات الوطنية في مجال الدعاية والإعلان في إصدار العديد من النشرات والكتيبات والملصقات الموجهة لكافة أفراد المجتمع ، كربات البيوت والطلاب والمزارعين وغيرهم ، إضافة إلى الاستفادة من وسائل الإعلام المقروءة والمرئية والمسموعة ، وقد ركزت تلك النشرات على كثير من الممارسات الخاطئة التي يمارسها المواطن ومنها .

١ـ الإسراف في غسيل أواني الطبخ .

٢ـ الري غير المرشد للحدائق والملاعب الرياضية .

٣ـ غسيل السيارات بخرطوم المياه .

٤ـ غسيل الأحواش (أفنية المنازل) .

٥ـ رش المباني التي تحت الإنشاء بالمياه النقية .

٦ـ الإهمال في إصلاح التسربات التالية :

ـ تسربات صنابير المياه وأدوات السباكة المختلفة .

ـ تسربات خزانات المياه العلوية لفشل العوامات أو نحو ذلك .

ـ تسربات خزانات المياه الأرضية .

٧ـ الإسراف في أماكن الوضوء في دورات المياه العامة مثل الأسواق التجارية والأماكن العامة والمدارس والجامعات والمساجد .

٨ـ عدم إبلاغ الجهات الرسمية عن التسربات .

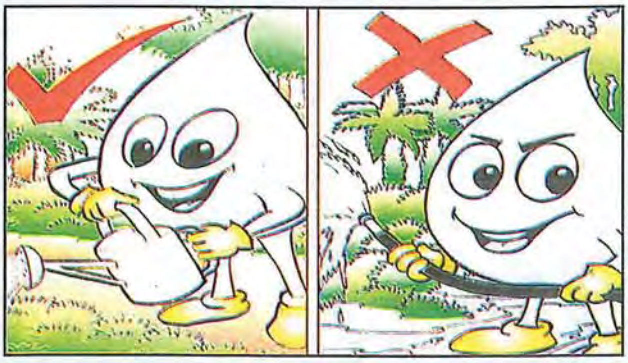
٩ـ ترك الأطفال يُسرفون ويعبثون في مياه الاستحمام .

١٠ـ استعمال الماء لغير ما خُصص له .

١١ ـ عدم وعي العمالة الوافدة بأهمية المياه (خدم ، منسقي الحدائق ، مزارعين ... إلخ).

١٢ ـ طرق الري القديمة ومقارنتها بالطرق الحديثة .

وختاماً فإن لم يكن ترشيد استخدام المياه مظهراً حضارياً فإنه واجب ديني ، لأن الإسراف بحد ذاته مذموم في كل شيء فالله تبارك وتعالى يقول ﴿ إِنَّ الْمُبَذِّرِينَ كَانُوا إِخْوَانَ الشَّيَاطِينِ وَكَانَ الشَّيْطَانُ لِرَبِّهِ كَفُوراً ﴾ (الإسراء الآية ٢٧) ، وكما في الأثر: لا تسرف ولو كنت على نهر جار .



د. عبدالرحمن ابراهيم العبدالعالي

مخلفات محطات تنقية مياه الشرب

ينتج عن عمليات تنقية مياه الشرب بمحطات التنقية مخلفات سائلة وصلبة تعتمد كمياتها وخصائصها ـ من موقع لآخر ـ على عدة عوامل هي نوعية المياه الخام المستخدمة، وعمليات التنقية، وطبيعة المواد الكيميائية المستخدمة. ويتم التخلص من هذه المخلفات إما في الأنهار والبحيرات المحيطة في حالة توفرها، أو برميها في الأراضي المفتوحة في المناطق التي لا توجد بها أنهار أو بحيرات، قد تطورت أساليب التخلص من مخلفات عمليات تنقية المياه خلال الثلاثين سنة الماضية نظراً لما قد تحدثه تلك المخلفات من أضرار للبيئة والكائنات الحية المحيطة ، والتي من أهمها تلوث التربة والمياه الجوفية، فتلوث التربة يسبب تأثيراً على الغطاء النباتي يمنع من الاستخدامات المثلي للأراضي، بينما تلوث المياه الجوفية ينتج عنه ازدياد ملوحة الأراضي وارتفاع تراكيز الملوثات فيها مما يؤدي إلى محدودية استعمالاتها والانتفاع بها.

تتناول هذه المقالة استعراضاً لمصادر وخصائص مخلفات محطات تنقية المياه الجوفية، وطرق التخلص السليم منها، مع عرض مختصر لطرق التخلص من المخلفات في بعض محطات التنقية بالمنطقة الوسطى من المملكة.

مصادر وخصائص المخلفات

تمثل المخلفات السائلة الجزء الأكبر من مخلفات محطات تنقية مياه الشرب، وتحتوي عادة على المخلفات الصلبة. ويمكن استعراض مصادر المخلفات وخصائصها حسب عمليات التنقية المستخدمة على النحو التالي:—

• التهوية والتبريد

يتم استخدام الهواء في عملية التهوية والتبريد وذلك لتبريد المياه، وإزالة الغازات الموجودة بها، وأكسدة عناصر الحديد والمنجنيز. وتنتج عن هذه العملية مخلفات تتكون عادة من مركبات الحديد والمنجنيز ـ لونها أحمر أو بني ـ غير الذائبة في الماء التي توجد في حالة شبه صلبة (Slurry)، يسهل ترسيبها، وتعتمد كمياتها بدرجة كبيرة على تراكيز الحديد والمنجنيز في الماء الخام.

• التيسير

تعد عملية التيسير المصدر الرئيسي للمخلفات في محطات تنقية مياه الشرب نظراً لاستخدام مواد كيميائية عديدة، بتراكيز عالية لخفض تراكيز العسر الموجود في الماء الخام. ومن المواد الكيميائية المستخدمة في عملية التيسير الجير، ورماد الصودا، والصودا الكاوية، ومساعدات الترسيب (مثل ألومينات الصوديوم، وكلوريد الحديديك، والبوليمرات) و من أهم المخلفات الناتجة عن هذه العملية كربونات الكالسيوم، وهيدروكسيد المغنيسيوم ذات اللون الأبيض، وتختلف درجة ترسيبها تبعاً لنوع المفاعل (المرسب) المستخدم، فعند استخدام مفاعلات التيسير التقليدية تكون المخلفات في صورة معجون، وجيدة الترسيب، ويبلغ محتواها من الماء حوالي ٩٥٪. أما مفاعلات حبيبات الرمل فينتج عند استخدامها مخلفات صلبة ـ تتراوح أقطار حبيباتها بين واحد إلى ١,٥ ملم ـ تحتوي على نسبة ضئيلة من الماء.

• الترشيح

تتم عملية الغسيل العكسي للمرشحات المستخدمة في ترشيح وتنقية المياه كل ٢٤ إلى ٧٢ ساعة من تشغيلها بهدف إزالة الرواسب والعوالق الموجودة في المياه الخام المرشحة وما تحمله من بقايا المعالجة الكيميائية، وتمثل مياه غسيل المرشحات عادة حوالي ١ – ٥٪ من الإنتاج الكلي لمحطات التنقية. وتحتوي مياه الغسيل على عوالق دقيقة ضعيفة الترسيب. يتم في بعض محطات تنقية المياه إعادة تدوير جزء من مياه الغسيل بعد فصل المواد الصلبة في أحواض تصمم لهذا الغرض، وبالتالي يمكن الإستفادة من تلك المياه المعادة.

• التبادل الأيوني

عند استخدام المبادلات الأيونية (راتنجات) لخفض العسر أو لإزالة الأيونات تهيئة لتنقية المياه فإنه يتم استخدام مواد لتنشيط راتنجات التبادل الأيوني تكون على شكل أملاح أو أحماض، وتؤدي عملية تنشيط راتنجات التبادل الأيوني إلى إنتاج مخلفات تحتوى على المواد المستخدمة للتنشيط، إضافة إلى تراكيز عالية للعناصر التي تم إزالتها من الماء الخام المعالجة مثل الكالسيوم، والمغنيسيوم، والبوتاسيوم، والحديد، والمنجنيز، وغيرها.

• التناضح العكسي والديلزة

تنتج عمليتي التناضح العكسي والديلزة مخلفات سائلة تحتوى على تراكيز عالية للأملاح الذائبة وبعض المواد الكيميائية المستخدمة في عمليات التنقية

التمهيدية ، وعناصر أخرى موجودة في الماء الخام .

وتختلف كميات المخلفات تبعاً لنوعية الماء الخام والأغشية المستخدمة في عمليات التناضح والديلزة .

تخفيض ومعالجة المخلفات

يمكن خفض كميات المخلفات المصاحبة لعمليات التنقية باتخاذ عدة اجراءات محددة ، منها : إختيار مصادر المياه الخام ، وانتقاء عمليات التنقية ، والاختيار المناسب لنوعية المواد الكيميائية المستخدمة .

وتأتي هذه الاجـراءات في مـراحل التخطيط والتصميم للمشروع ، فمن ناحية مصدر الماء الخام ، فإن اختيار موقع محطة تنقية المياه يتم بعد إجراء الدراسات الاقتصادية والفنية . ويحدد مستوى تركيز الأملاح الذائبة والعسر الكلي الموقع المناسب والعمق الملائم لحفر الآبار لتغذية المحطة . وبالنسبة لإختيار عمليات التنقية فإنه لابد أن يؤخذ في الحسبان تكلفة التخلص من المخلفات التي تمثل جزءًا كبيراً من تكلفة الإنشاء والتشغيل ، فهناك عمليات تنقية منخفضة التكلفة إلا أن تكاليف التخلص من مخلفاتها يفوق أحياناً التكاليف المترتبة على العملية نفسها . ومن عمليات التنقية المناسبة عمليات التهوية والتيسير ، حيث يمكن في عملية التهوية أكسدة الحديد والمنجنيز باستخدام أبراج تهوية تستخدم الفقاعات الهوائية بدلاً من إستخدام أبراج بشلالات تتسبب في نمو البكتيريا التي تعمل على زيادة المخلفات وزيادة التكلفة في الصيانة ، وفي عملية التيسير .

يمكن استخدام مفاعلات الحبيبات الرملية بدلاً من المفاعلات التقليدية التي تنتج مخلفات تحتاج إلى عمليات إضافية للتخلص منها ، كما وإن لاختيار نوعية المواد الكيميائية في عملية التيسير دور في تحديد نوعية وكمية المخلفات الناتجة ، فيمكن اختيار الصودا الكاوية بدلاً من الجير ورماد الصودا عندما يتلاءم ذلك مع نوعية عسر الماء الخام . كذلك تلعب مساعدات الترسيب (ألومينات الصوديوم ، كلوريد الحديديك ، البوليمرات) دوراً في حجم ونوعية المخلفات المنتجة ، وبالتالي يجب اختيار المناسب منها الذي يحقق الغرض المطلوب وينتج مخلفات يسهل التخلص منها .

ومن الإجراءات الأخرى المناسبة للتخلص السليم والآمن من مخلفات محطات التنقية تجميع هذه المخلفات وخلطها وتركيزها ومعالجتها ليتم التخلص النهائي منها . وهناك عمليات عديدة لتركيز المخلفات تتراوح بين البسيطة (مثل البرك ، وأحواض التجفيف ، والتركيز بالجاذبية) إلى المعقدة والمكلفة جداً (مثل التجميد ، والإذابة ، والطرد المركزي) ، ويتم اختيار الطريقة المناسبة لتركيز ومعالجة تلك المخلفات تبعاً لنوعياتها وكمياتها والأنظمة المعمول بها .

التخلص النهائي من المخلفات

تعتمد طريقة التخلص النهائي من مخلفات محطات تنقية المياه على نوعية المحطة وذلك كما يلي :

● محطات التقنية التقليدية

تتمثل عملية التخلص من مخلفات محطات التنقية التقليدية في خلط المخلفات السائلة والصلبة ، وقذفها للمنطقة المحيطة بها بإحدى طريقتين هما :

***رمي المخلفات :** حيث يتم معالجة المخلفات وتركيزها ليصبح محتواها الصلب لايقل عن ٢٥٪ من تلك المخلفات ، ثم يتم فردها على الأرض وتغطيتها بطبقة من التربة .

* **شبكة الصرف الصحي :** وهنا لابد من إجراء الدراسات اللازمة للتعرف على التأثيرات المحتملة خاصة وأن تلك المخلفات تختلف في الخصائص والمحتوى . ومن الضروري استخدام خزانات موازنة لتثبيت معدل تدفق المخلفات للشبكة ، وكذلك معالجتها بحيث يكون محتواها من المواد الصلبة حوالي ٥٪ ، وقد تُسبب المخلفات الملقاة في شبكة الصرف الصحي زيادة في تركيز المواد الصلبة ، مما يؤثر بدوره على أداء محطة معالجة مياه الصرف الصحي . الأمر الذي قد يتطلب إضافة عمليات معالجة إضافية .

● محطات تنقية بإزالة الأملاح

يتم التخلص من مخلفات محطات تنقية المياه التي تحتوي على عمليات إزالة الأملاح حسب نوع المخلفات وذلك كما يلي :

* **مخلفات صلبة :** وتنتج عادة عن عمليات تيسير المياه ، ويتم التخلص منها في مواقع رمي المخلفات .

* **مخلفات سائلة :** وهي عبارة عن خليط لرجيع وحدات إزالة الأملاح (تمثل نسبة كبيرة من المخلفات) وتتراوح تكلفة التخلص منها بين ٥٪ إلى ٣٣٪ من التكلفة الإجمالية لإنشاء المحطة) ، ومياه غسيل المرشحات وغيرها . ويمكن تقليل كميات المخلفات السائلة عن طريق اختيار نوعية من الأغشية قادرة على إزالة أكبر قدر من الأملاح ، أو إضافة وحدات أخرى لمعالجة مياه الرجيع ، بينما يتم التخلص منها المخلفات السائلة بثلاث طرق هي :

- **شبكة مياه الصرف الصحي :** حيث يتم تعديل الرقم الهيدروهجيني لتلك المخلفات لأنها غالباً ما تكون منخفضة الرقم الهيدروجيني (حامضية) ، وبالتالي تتسبب في تآكل خطوط نقل المياه ، وتذويب بعض العناصر الضارة (مثل الرصاص) التي قد تدخل ضمن تركيب معدن الأنابيب.

- **الحقن في آبار عميقة :** ويتم ذلك بحفر بئر اختبارية لتحديد الخصائص الجيولوجية للمنطقة ، ويشترط عند استخدام طريقة الحقن للتخلص من المخلفات السائلة أن يكون التكوين الجيولوجي مانعاً لانتقال تلك المخلفات إلى المياه الجوفية أو إلى سطح الأرض .

- **المعالجة في أحواض تبخير :** ويتم تصميمها وإنشاؤها بحيث تكون مبطنة بمادة عازلة تمنع تسرب تلك المخلفات إلى المياه الجوفية والتربة . ويتم تحديد مساحة الأحواض المطلوبة حسب كميات المخلفات المنتجة ، ومعدل البخر للمنطقة .

مخلفات محطات المنطقة الوسطى

يوجد في المنطقة الوسطى من المملكة ثلاث عشرة محطة رئيسية لتنقية المياه الجوفية تتراوح طاقتها الإنتاجية ما بين ٦٧٠٠ إلى ٢٢١,٠٠٠م٣ /يوم . وتتم عمليات تيسير المياه في كافة المحطات ما

عـدا ثـلاث مـحطـات هي بريدة ، والـزلفي ، والقويعية ، كذلك تتم عمليات إزالة الأملاح في كـافـة المحطات مـا عـدا مـحطتين همـا الوسـيع ، وبريدة ، وتنتج المخلفات الصلبة من عمليات التيسير ، أما المخلفات السـائلة فـتنتج بشكل رئيس من وحـدات إزالة الأملاح (التناضح العكسي والديلزة)

وحتى الآن فـإنه لاتتوفـر مـعلومـات دقيقة عن كميات المخلفات الصلبة المنتجة من تلك المحطات ، ولكنهـا تـعادل على أقل تقدير كميات المواد الكيميائية المستخدمة في عـمليـات التـيـسـيـر والتي تـصل إلى ٤٧٢٠٠ طن سنوياً . ويوضح الجدول (١) سـعـة مـحطات تنقـيـة الميـاه في المنطقـة الوسطى ، ونوعية وكمية المواد الكيميائية المستخدمة فيها .

يتم تركيز المخلفات الصلبة الناتجة عن عملية التيسير في محطات مدينة الرياض ومـحطتي الرس والمجـمـعـة فـي برك عن طريق التبخير الطبيعي لمحتواها من المياه ، ثم يتم التـخلص منهـا ـ بعـد تجـفـيفـهـا ـ برميها في المناطق الصحراوية البعيدة عن التجمعات السكانية . وبالنسبة لمحطة عنيزة فإن استخدام مفاعلات حبيبات الرمل ينتج عنها مـخلفـات صلبة تحتوي على نسـبة ضـئيلة جداً من المياه ، ويتم التـخلص منها بنفس الأسلوب السابق عن طريق رميها في المناطق الصحراوية البعيدة .

المحطة	انتاج المحطة (م٣/يوم)	كميات الرجيع (م٣/يوم)	مجموعة الأملاح الذائبة لمياه الرجيع (ملجم/لتر)
الرياض			
ـ بويب	٢٧٤٠٠	١٧٨١	١٠٨٠٠
ـ صلبوخ	٣٦٦٠٠	٤٤٥٥	٦٩٢٠
ـ الشميسي	٤٠٨٠٠	١١٩٤	٨٥٦٠
ـ منفوحة ـ ١	٢٥٣٤٠	٢٤٤٨	٨٨٠٠
ـ منفوحة ـ ٢	٢٨٣٦٠	٣٢٠٦	٧٣٦٠
ـ الملز *	١٤٤٠٠	١٩٧٥	٨٦٧٠
عنيزة	٤٧٥٨٠	١٩٢٠	٤٢٠٠
الرس*	٢٨٣٣٤	٣١٤٨	٩٠٤٣
الزلفي	١٠٧٦٦	٢٤٢٧	٥٢٤٠
المجمعة ـ١	٤٤٨٣	٩٦٠	٥٩٦٠
المجمعة ـ٢	٢٢٠٩	٥٠٤	٩٤٨٠
القويعية	٤٦٥٠	٧٠٠	٨٩٣٠

* عام ١٩٩٤م

● أجدول (٢) : كمية ونوعية مياه رجيع وحدات إزالة الأملاح في المحطات الرئيسية بالمنطقة الوسطى من المملكة عام ١٩٩٣م .

تنتج المخلفات السائلة من مـثخن حمـأة عملية التيسير في جميع المحطات (ما عدا أربع محطات هي بريدة ، وعنيزة ، والزلفي ، والقـويعية) من مـياه غسـيل المرشـحـات ، ورجـيـع وحـدات إزالة الأمـلاح . يتـم تدوير جـزء من المخلفات السـائلة من مـثخن عملية التـيـسـيـر فـي مـحطات الرياض ، والرس ، والمجمعـة . أما مخلفات غسـيل المرشحات في محطتي الزلفي والقويعية فيتم التخلص منها مع المخلفـات السـائلة الأخرى . وبالنسـبـة لمخلفات غسـيل المرشـحات في مـحطة بريدة والتي تقدر بحوالي ٢٠٠٠ مترمكعب / يوم فـيتم التـخلص منها بتصـريفهـا في قناة إلى موقع مفتوح خارج المحطة .

تـعـتـمـد كميـات ونوعيـات رجيـع وحدات إزالة الأمـلاح على كمـيـات الميـاه المعـالجـة ونوعيـتهـا ونوعية الأغشـيـة المسـتـخـدمـة وكـفـاءتهـا ، وهي تمثل نسـبـة كبـيـرة من المخلفات السائلة للمحطات .

ويوضح الجدول (٢) كميات ومحتوى المخلفات السائلة الناتجة من محطات التقنية التي تـوجـد بهـا عـمليـات إزالـة الأمـلاح . تتراوح كميات الرجيع المنتجة مـا بين ٢,٩ إلى ٢٢,٥ ٪ من إجمالي المياه المنتجة من تلك المحطات . وفي المتوسط تصل تلك المخلفات إلى ٢٤٢٨٠ مـتـر مكعب/يوم ، وتحـتـوي على تركيـز للأمـلاح الذائبة يتـراوح مـا بين ٤٢٠٠ إلى ١٠,٨٠٠ .

يتم تعديل الرقم الهيدروجيني في ثلاث مـحطات بمدينة الرياض (منفـوحـة ، الشـميـسي ، الملز) ثم بعـد ذلك يتم التـخلص من المخلفات السـائلة فيها عن طريق ضخـها في شبكة الصرف الصحي .

كما يتم التخلص من مخلفات محطتي « "بويب وصلبـوخ » بـإلقـائهـا في أرض مـفـتـوحـة غـيـر مبطنة . وفضـلاً عن ذلك تسـتـخدم أحواض التبخير المبطنة للتخلص من المخلفـات السـائلة في خـمس مـحطات (عنيـزة ، والرس ، والزلفي ، والمجـمـعـة والقـويعـيـة) حـيث تتـراوح مساحـة تلك الأحـواض مـا بين ١٣٦٠٠٠ إلى ٣٤٢٣٩٠ متر مربع بعمق يصل إلى متر واحد .

المحطة	المواد الكيميائية المستخدمة وكمياتها (طن/سنة)						
	الطاقة الانتاجية القصوى (م٣/يوم)	هيدروكسيد الكالسيوم	كربونات الكالسيوم	هيدروكسيد الصوديوم	الومينات الصوديوم	كلوريد الحديديك	بوليمر
الرياض		١٢٦٨٤	٢٥٧٤٠		١٢٦٧	٣٢٤	١٨,٧
ـ الوسيع	٢٢١٠٠٠			—			
ـ منفوحة ٢,١	٨٦٤٠٠			—			
ـ صلبوخ	٦٦٧٢٠			—			
ـ بويب	٦٦٠٠			—			
ـ الشميسي	٥٧٦٠٠			—			
ـ الملز	٢٨٨٠٠			—			
بريدة	٩٦٠٠٠	—	—	—	—	—	—
عنيزة	٥١٠٠٠	—	—	٢٢٥٥	—	—	—
الرس	٥١٠٠٠	—	١٩٢٣	٦٩٣	١٤٢	٧١	—
الزلفي	١٨٠٠٠	—	—	—	—	—	١,٤
المجمعة	٨٤٠٠	٦٧٣	١٢٢٨	١٦٥	—	—	١,٣
القويعية	٦٧٠٠	—	—	—	—	—	—

● جدول (١) : سعة محطات التنقية الرئيسية بالمنطقة الوسطى من المملكة ونوعية وكمية المواد الكيميائية المستخدمة في عملية التيسير .

المعالجة النهائية لمياه الشرب

م. سليمان البصيلي

م. سامي اليوسف

تعرف المعالجة النهائية لمياه الشرب المنتجة من محطات تنقية المياه بأنها مجموعة العمليات التي تتضمن زيادة أو نقص تركيز بعض المواد الذائبة في المياه وذلك بعد المعالجة الأساسية ، وقبل إستخدامها في الأغراض المخصصة لها ، وقد حددت هيئة الصحة العالمية وغيرها من الهيئات العالمية الأخرى مواصفات خاصة لمياه الشرب الصالحة لإستعمال الإنسان ، وقد إتفقت جميع هذه الموصفات على إعتبار أن ٥٠٠ جزء في المليون هو الحد المرغوب فيه لمجموع المواد الصلبة الذائبة في ماء الشرب . ومع ذلك فليس كل ما يستعمله الإنسان في جميع أنحاء العالم مطابقاً لهذه المواصفات ، فهناك مناطق كثيرة من العالم يعيش أهلها على مياه تزيد ملوحتها عن ١٥٠٠ جزء في المليون ، فعلى سبيل المثال يستعمل السكان في شمال المكسيك ماءً تزيد ملوحته عن ٤٠٠٠ جزء في المليون ، وفي السنغال ٣٤٠٠ جزء في المليون ، وفي بعض أجزاء استراليا ٣١٣٠ جزء في المليون ، بل وفي وقت من الأوقات إستعمل المستوطنون في استراليا ـ ولفترات طويلة ـ ماء وصلت ملوحته إلى ٦١٠٠ جزء في المليون .

وعلى الرغم من تأثير بعض الأملاح الذائبة في الماء ـ عند زيادة تركيزها عن الحد المسموح به عالمياً ـ على صحة الانسان ، إلا أنها ضرورية لبناء جسمه ، بل أن نقصها في مياه الشرب له تأثير سلبي على صحته . فمثلاً يعد الكالسيوم ضروري لنمو العظام ، ويؤدي نقص الحديد إلى فقر الدم ، والفلور يساعد في حماية الأسنان من التسوس وخاصة عند الأطفال .

ونظراً لأن الماء يعد عامل أساس من العوامل التي تؤثر تأثيراً كبيراً على صحة الإنسان ، فإنه سيظل دائماً محل تدقيق وبحث ، وسيتركز الاهتمام في المستقبل ـ بمشيئة الله ـ على الكميات المتناهية الصغر من المركبات العضوية ـ التي قد يحملها الماء ـ وتحديد تركيزها ، في الوقت الذي تستمر فيه الأبحاث لمعرفة أثر هذه المواد كمسببات للأمراض السرطانية ، وعلى إنقسامات الخلية ، وعلى الخواص الوراثية .

يؤدي وجود بعض الغازات في المياه ـ كغاز كبريتيد الهيدروجين (H_2S) ـ إلى صدور رائحة كريهة ، كما تؤدي زيادة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون إلى جعل المياه آكلة (Corrosive) ، الأمر الذي يتطلب إجراء عمليات معالجة لإزالة الغازات وكذلك يجب إزالة الأملاح (De-mineralization) ـ وبشكل كامل ـ من المياه المستخدمة في العمليات الصناعية لمنع الترسبات في وحدة الغلايات وأنابيب المياه ، كما أنه من الضروري إزالة الغازات التي تعوق كفاءة الإنتقال الحراري ، وذلك لتقليل التآكل بأقصى درجة ممكنة ، ولذا فإنه يتم معالجة مياه الشرب المنتجة من محطات التنقية ، لإزالة الغازات والأملاح الزائدة حتى تصبح تلك المياه مناسبة للإستخدام .

تعتمد درجة أو نوع المعالجة النهائية المطلوبة للمياه المنتجة من المحطات على الغرض المستخدمة له ، فمثلاً تحتاج مياه الشرب إلى عمليات تعقيم ، (من الناحية الصحية) ، وعمليات موازنة خاصة لمنع تآكل أو ترسيب الأملاح على أنابيب المياه سواء في الشبكات الرئيسة أو الشبكات الداخلية للمنازل .

وسوف يتم التركيز في هذه المقالة على المعالجة النهائية لمياه الشرب المنتجة من محطات معالجة المياه بمختلف أنواعها كالتناضح العكسي والتبخير الوميضي والتبادل الأيوني ... الخ .

عمليات المعالجة النهائية

تتمثل عمليات المعالجة النهائية لمياه الشرب في عدة مراحل هي :-

● تعديل الرقم الهيدروجيني

إن الغرض من تعديل الرقم الهيدروجيني (pH adjustment) للمياه المنتجة من المحطات هو المحافظة على أن تكون مياه الشرب ذات طبيعة متوازنة أو مستقرة (Stable) ، لا تؤدي إلى ترسيب الأملاح أو التآكل ، حيث أنه في حالة كون مياه الشرب ذات طبيعة ترسيبية تؤدي إلى ترسيب الأملاح ـ خاصة أملاح كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) ـ فسوف يسبب ذلك وجود ترسيبات ملحية في الأنابيب ، مما يؤدي ـ مع مرور الوقت ـ إلى إنسدادها خاصة في شبكات المياه ذات الأقطار الصغيرة كشبكات مياه المنازل ، بينما في الحالة الثانية أي كون مياه الشرب ذات طبيعة أكالة فيؤدي ذلك إلى تآكل شبكات المياه وتغير لون المياه بها ، مما يستلزم إستبدالها .

يمكن معرفة طبيعة مياه الشرب من ناحية التوازن الكيميائي (متوازنة ، أكالة ، ترسيبية) بتحديد قيمة معامل التشبع لانجلييه (Langelier Saturation Index - LSI) من خلال المعادلة التالية :

$$LSI = pH - pHs$$

$$pHs = pCa + palk + C$$

حيث :

(pH) : الرقم الهيدروجيني للمياه قبل التشبع .

(pHs) : الرقم الهيدروجيني للمياه بعد التشبع .

(pCa) : اللوغارثم السالب لتركيز الكالسيوم .

(palk) : اللوغارثم السالب لتركيز القلويه .

(C) : قيمة متغيرة يتم تحديدها اعتماداً على نسبة الأملاح ودرجة الحرارة .

فإذا كانت قيمة معامل التشبع تساوي صفراً ، دل ذلك على أن المياه متوازنة (مستقرة) كيميائياً ، أما إذا كانت قمية المعامل سالبة فهذا يعني أن المياه تميل إلى التآكل ، وإذابة طبقة كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) بشكل كبير ، وبالتالي تكون المياه آكلة ، أما إذا كانت قيمة معامل التشبع موجبة فإن المياه في هذه الحالة تميل إلى ترسيب كربونات الكالسيوم ، ولكل من العمليتين السابقتين (التآكل والترسيب) خطورته على صحة الإنسان ، وعلى خطوط نقل المياه ، وبالتالي لابد من عمل موازنة للمياه ، إلا إنه في بعض الأحيان نحتاج إلى طبقة رقيقة من الترسبات السطحية لعمل طبقة حامية لشبكات المياه عندما يقل معامل تشبع المياه وتصبح آكلة ، ويوضح الجدول (١) تحليل عينة مياه قبل عملية الموازنة ، ونلاحظ أن قيمة معامل التشبع = ٣,٢ مما يدل على أن طبيعة المياه لهذه العينة تميل إلى أن تكون آكلة بشكل كبير .

المتغير		أيون (ملجرام مكافيء/لتر)	كربونات كالسيوم (ملجرام مكافئ/لتر)
كالسيوم	Ca^{2+}	١٠	٢٥
مغنيسيوم	Mg^{2+}	٥	٢١
صوديوم	Na^{+}	٢٧	٥٩
القلوية (البيكربونات)	HCO_3^-	٣٧	٣٠
الكبريتات	SO_4^{2-}	٣٨	٤٠
الكلوريد	Cl^-	٢٥	٣٥
الأملاح المذابة	TDS	١٤٢	
ثاني أكسيد الكربون	CO_2	١٠٢	
الرقم الهيدروجيني	pH	٥,٧	
معامل التشبع	LSI	٣,٢ -	

● جدول (١) تحليل عينة مياه قبل عملية الموازنة.

ويوجد مؤشر آخر يبين مدى ميل المياه إلى أن تكون أكالة من عدمه وهو مؤشر **ريزنار** (Ryznar Stability Index - RSI) ، ويتم حسابه وفقاً للمعادلة التالية :

$$(RSI) = 2pHs - pH$$

ويوضح الجدول (٢) حدود المؤشر ـ تتراوح بين ٥ إلى ٨,٥ ـ طبقاً لطبيعة المياه .

*** طرق تعديل الرقم الهيدروجيني :** ويتم إختيارها طبقاً لنوعية المياه المنتجة ، ونوعية التطبيقات المستخدمة لها ، ومن هذه الطرق ما يلي :-

ـ خلط مياه الشرب بالمياه الخام : حيث أنه غالباً ما تكون مياه الشرب بعد المعالجة

طبيعة المياه	(RSI)
قليلة الترسيب	٥ – ٦
تميل إلى الاتزان	٦ – ٧
قليلة التآكل	٧ – ٧,٥
قوية التآكل	٧,٥ – ٨,٥

●جدول (٢) قيمة معامل رايزنار للتشبع (RSI) بالنسبة لطبيعة المياه المنتجة

الرئيسية ذات طبيعة أكالة، وذات معدل تشبع سالب القيمة نتيجة لإنخفاض القلوية الكلية (Total Alkalinity)، والعسر الكلي، وبالتالي إنخفاض الرقم الهيدروجيني.

تؤدي عملية خلط مياه الشرب مع المياه الخام ـ ذات المحتوى العالي من القلوية الكلية والعسر الكلي ـ إلى تحسين نوعية المياه المنتجة، وزيادة معدل التشبع بحيث تتغير طبيعة المياه من الحالة الأكالة إلى الحالة المتوازنة، أو الحالة الترسيبية، ويوضح الجدول (٣) أثر عملية الخلط على نوعية المياه المنتجة المذكورة في الجدول (١).

ـ إستخدام المواد القاعدية: مثل هيدروكسيد الصوديوم (NaOH)، أو الجير المطفأ {lime,$Ca(OH)_2$}، أو كربونات الصوديوم (Na_2CO_3)، وذلك لرفع قيمة الرقم الهيدروجيني الذي يساهم في تحويل طبيعة المياه من الحالة الأكالة إلى المتوازنة، وزيادة تركيز الأملاح (TDS).

ويمكن حساب الكمية المطلوبة من المواد القاعدية اللازمة لرفع الرقم الهيدروجيني للمياه المنتجة من خلال تطبيق المعادلة التالية:

$$R=(Alk+1.23X)/(CO_2-1.08X)$$

حيث:

(R): النسبة بين القلوية (HCO_3)، وثاني أكسيد الكربون (CO_2) وتتراوح من ١٠٠ إلى ١.

(X): كمية المادة القاعدية المطلوبة.

(Alk): تركيز القلوية قبل إضافة المادة القاعدية.

(CO_2): تركيز ثاني أكسيد الكربون قبل إضافة المادة القاعدية.

مع ملاحظة أن المعاملين (1.23 , 1.08) المستخدمين في المعادلة السابقة يتغيران بتغير القاعدة المستخدمة، جدول (٤).

ومثل ذلك فعند تطبيق المعادلة أعلاه لتغيير الرقم الهيدروجيني من ٥,٧ (قبل الموازنة) إلى ٨,٢ (بعد الموازنة) ـ بإضافة مادة (98% NaOH) على العينة المذكورة في الجدول (١) مع اعتبار (R) = ١٠٠ ـ نجد أن كمية المادة القاعدية المطلوبة لرفع الرقم الهيدروجيني تقدر بحوالي ٩٣,١ ملجرام/لتر.

هذا ومن الممكن رفع قيمة الرقم الهيدروجيني (pH) للمياه المنتجة إلى (٨,٢) كما في الحالة الأولى دون حدوث زيادة في الأملاح المذابة بشكل كبير، ودون استهلاك كمية كبيرة من المادة القاعدية المضافة، لإزالة ثاني أكسيد الكربون ـ تزيل كمية كبيرة من هذا الغاز ـ الذي يوجد فيه طبقة داعمة تزيد من مساحة توزيع المياه، ومن ثم تزيد قيمة الرقم الهيدروجيني (pH) لها، وكمثال على

المادة المضافة	زيادة القلوية (مكافيء كربونات الكالسيوم ـ ملجرام/لتر)	نقص ثاني أكسيد الكربون (ملجرام/لتر)
الصودا الكاوية	١,٢٣	١,٠٨
كربونات الصوديوم	٠,٩٤	٠,٤١
الجير	١,٦١	١,٤١
الجير المطفاء	١,٢٦	١,١١

● جدول (٤) تأثير اضافة المواد القاعدية على المياه.

الحالة المذكورة في الجدول (١) فعند إستخدام جهاز إزالة ثاني أكسيد الكربون فإن محتوى ثاني أكسيد الكربون (CO_2) سيقل إلى ٥ ملجرام/لتر، وسترتفع قيمة الرقم الهيدروجيني (pH) إلى حدود تتراوح بين ٧ إلى ٧,١، وبالتالي تحدث زيادة في قيمة الرقم الهيدروجيني (pH) دون تأثير على نسبة الاملاح المذابة، ودون إضافة أي مواد كيميائية، وعند هذه النقطة نحتاج فقط إلى ٤,٣ ملجرام من هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) لكل لتر لرفع قيمة الرقم الهيدروجيني (pH) إلى (٨,٢)، وهذه الكمية تزيد نسبة الاملاح المذابة فقط ٧ ملجرام/لتر، جدول (٣).

ـ إضافة المواد الحامضية: ومنها حامض الكبريت (H_2SO_4)، وحامض كلوريد الهيدروجين (HCl)، ويضاف ثاني أكسيد الكربون (CO_2) عند الرغبة في تخفيف طبيعة المياه من الحالة الترسيبية، وما يحدث في هذه الحالة معاكس لما يحدث عند استخدام المواد القاعدية.

ويتضح من الطرق الثلاث المذكورة أعلاه أن خلط مياه الشرب بالمياه الخام يعد الخيار الأمثل ـ خاصة للحالة المذكورة سابقاً ـ لموازنة الأملاح وتقليل الاعتماد على المواد الكيميائية في رفع قيمة الرقم الهيدروجيني (pH) للمياه المنتجة، وزيادة القلوية، حيث يلاحظ من الجدول (٣) أن المياه بعد عملية الخلط وعملية ضبط الرقم الهيدروجيني ـ بواسطة هيدروكسيد الصوديوم إلى ٨,٢ ـ تميل إلى الترسيب من حيث قيمة معامل التشبع (+٠,١٥)، وتميل

المتغير	التركيز في المياه			
	الخام	المنتجة××	بعد الخلط	المنتجة ×××
الكالسيوم ×	١٠٠٥	٢٥	١٢٣	١٢٣
القلوية ×	١٤٧	٣٠	٤٢	٥٠
الأملاح الذائبة	٢٧٤٢	١٤٢	٤٠٢	٤١٦
ثاني أكسيد الكربون (ملجرام/لتر)	٢٩	٥	٧,٤	–
الرقم الهيدروجيني (pH)	٧	٧,١	٧,١	٨,٢
معامل التشبع (LSI)	–	–	–	٠,١٥ +
معامل رايزنار للتشبع (RSI)	–	–	–	٧,٩

× كربونات الكالسيوم (ملجم مكافىء/لتر).
×× بعد إزالة ثاني أكسيد الكربون.
××× بعد إزالة ثاني أكسيد الكربون وضبط الرقم الهيدروجيني باستخدام هيدروكسيد الصوديوم.

● جدول (٣) تأثير خلط المياه الخام على عينة مياه الشرب في عملية الموازنة

المتغير	المياه المنتجة (قبل إضافة الجير)	المياه المنتجة (بعد إضافة الجير)
الكالسيوم ×	٢٥	١٣٩
القلوية×	٣٠	١٤٤
الأملاح المذابة (ملجم/لتر)	١٤٢	٣٢٧
الرقم الهيدروجيني (pH)	٥,٧	٨,٢
معامل التشبع (LSI)	٣,٢ -	٠,٦٥ +
معامل رايزنر للشبع(RSI)	١٢,٢	٦,٩

× كربونات الكالسيوم (ملجم مكافىء/لتر) .

● جدول (٥) تأثير اضافة الجير على عينة المياه في عملية الموازنة.

إلى التآكل من حيث قيمة معامل رايزنار (٧,٩) .

أما بالنسبة لعملية إضافة الجير المطفاء بغرض التحكم في قيمة الرقم الهيدروجيني وزيادة القلوية فإنها تزيد أيضاً من تركيز الكالسيوم في المياه المنتجة وخاصة إذا كانت المياه الخام منخفضة التركيز . حيث يلاحظ في الجدول (٥) - أثر إضافة الجير على عينة المياه المذكورة في الجدول (١) بغرض رفع الرقم الهيدروجيني إلى (٨,٢) - أن المياه تميل إلى الإستقرار من حيث قيمة معامل (LSI) ، وكذلك قيمة معامل (RSI) .

● التعقيم

تختلف التقنيات المستخدمة في تعقيم مياه الشرب (Disinfections) ، إلا أنها تقريباً تؤدي نفس الغرض ، وهو الحصول على مياه صالحة للشرب من الناحية البيولوجية عن طريق قتل جميع الكائنات الحية الدقيقة (Microorgnaism) التي يتسبب وجودها في إصابة الانسان ببعض الأمراض مثل التيفوئيد والكوليرا والدوسنتاريا ، وتستخدم عدة طرق في تعقيم مياه الشرب منها :-

* **الاشعة فوق البنفسجية (Ultraviolet Radiation)**: ويتم توليدها عن طريق لمبات بخار الزئبق ذات الضغط المنخفض ، ويتم تسليطها - بطول موجي ٢٥٣,٧ نانو متر - على المياه المطلوب تعقيمها ، حيث تقوم المواد العضوية الموجودة في الكائنات الحية الدقيقة بامتصاص هذه الأشعة ، مؤدية إلى تكسير الروابط الكيميائية لهذه المواد ، وبالتالي إحداث تغيير داخل خلايا هذه الكائنات ، ومن ثم القضاء عليها .

تعتمد كفاءة درجة تطهير المياه باستخدام الأشعة فوق البنفسجية على عدة عوامل منها زمن التلامس بين الأشعة والماء ، وكثافة الأشعة المباشرة ، ومحتوى المياه من البكتيريا ، والفطريات ، والطحالب ، وغيرها .

تتميز عملية تعقيم المياه بوساطة الأشعة فوق البنفسجية بعدة إيجابيات ، كما أن لها بعض السلبيات ، ويمكن توضيح ذلك كما يلي :-

- الإيجابيات : وهي كالتالي :-

١- بقاء بعض المركبات في الماء على حالتها دون تأكسد مثل الأمونيا .

٢- عدم حدوث تغير كيميائي أو فيزيائي للمياه ، وبالتالي لايوجد لها نواتج تفاعل (Byproduct) ضارة .

٣- ثبات طعم المياه ورائحتها .

٤- عدم إضافة أي مواد كيميائية فيها .

٥- تأثير فترة التعرض ولو كانت قصيرة .

٦- زيادة جرعة الأشعة عن الكمية المطلوبة ليس لها تأثير .

- السلبيات : وتنحصر في التالي :-

١- عدم ملاءمة استخدامها في شبكات المياه الكبيرة .

٢- تتطلب إمكانيات عالية جداً من ناحية التحكم والتقنية العالية .

٣- تكلفتها المادية عالية جداً من حيث الأجهزة ، وتوفير فنيين ذوي مهارة وتدريب عال .

٤- ضرورة إنخفاض عكارة المياه المطلوب تعقيمها ، وأن تكون عديمة اللون قدر الإمكان .

٥- زيادة تأثيرها على أنواع معينة من الكائنات دون الأخرى .

٦- ليس لها أثر ممتد المفعول .

* **الأوزون (Ozone) :** وهو عبارة عن غاز مركب من ثلاث ذرات أكسجين (O_3) ، ويتم تحضيره من الهواء خلال تطبيق مجال كهربائي ذو جهد عالي الشدة في حيز مغلق ، وذلك كما يلي :-

$$3O_2 \longrightarrow 2O_3$$

$$O_3 \longrightarrow O_2 + O$$

وعلى الرغم من تميز طريقة الأوزون في تعقيم مياه الشرب بعدة إيجابيات ، إلا أن لها كذلك بعض السلبيات ، وذلك كما يلي :-

- الايجابيات : وتتمثل في التالي :-

١- إزالة أو تقليل رائحة المياه ولونها .

٢- عامل مؤكسد قوي جداً للشوائب العضوية .

٣- مؤثر على نطاق عالٍ من درجة الحرارة والرقم الهيدروجيني .

٤- سرعة تأثيره عالية جداً مقارنة بالكلور ، مع زمن تلامس قليل جداً .

٥- لا يسبب رائحة للمواد المتكونة .

٦- ليس له أي تأثير عند الجرعات العالية .

- السلبيات : وهي كالتالي :-

١- ليس لها أثر ممتد المفعول .

٢- الحاجة إلى طاقة عالية - للحصول على الأوزون - تقدر بحوالي عشرة أضعاف الطاقة الأزمة للحصول على الكلور .

٣- صعوبة عملية تحضيره خاصة عند ارتفاع درجة الحرارة والرطوبة للهواء المحتوي على الأكسجين .

٤- صعوبة التحكم في عملية التجريع .

* الكلور: و أهو كثر المواد شيوعاً في عملية تعقيم المياه، ويستخدم في كثير من محطات مياه الشرب نظراً لكفاءته العالية جداً، ويستخدم عادة على هيئة سائل مضغوط في إسطوانات مخصصة لذلك، ويمكن إيضاً اضافته كعنصر، إما على شكل هيبوكلورايت الصوديوم (NaOCl) أو الكالسيوم $Ca(OCl)_2$.

يشترط عند معالجة المياه بعملية الكلورة إزالة أو تخفيف عكارة المياه إلى أقل من وحدة عكارة واحدة قبل إضافة الكلور إليها، وذلك لأن البكتيريا ـ المراد التخلص منها ـ تحتمي بالجسيمات الصغيرة مما يؤثر على كفاءة عملية الكلورة .

ـ خطوات تجريع الكلور : وتتم على النحو التالي :ـ

١ـ تقليل محتوى المياه من كبريتيد الهيدروجين (H_2S)، وأكسيد الحديد الثنائي (Fe_2O_3)، ولا يتم أي تطهير للمياه في هذه المرحلة .

٢ـ تفاعل الكلور مع المواد العضوية، وتكوين مركبات الكلور العضوية (Chloro-organic compounds)، ويتم في هذه المرحلة تطهير المياه بنسبة بسيطة جداً .

٣ـ تفاعل النسبة الإضافية من الكلور ـ الزائدة عن حاجة المرحلتين السابقتين ـ مع الأمونيا والمركبات النيتروجينية لإنتاج كلوروأمين (Chloramines) .

وعند إضافة نسبة أخرى من الكلور ـ تزيد عن حاجة المراحل الثلاث السابقة ـ يحدث تفاعل كيميائي مكوناً حامض الهيبوكلورايت (HOCl) الذي يعد عاملاً مؤكسداً قوياً بنسبة ٨٠٪، وهيبوكلورايت (OCl^-) وفقاً لدرجة الحرارة وقيمة الرقم الهيدروجيني، شكل (١) .

معادلة

$$Cl_2 + H_2O \longrightarrow HOCl + H^+ + Cl^-$$

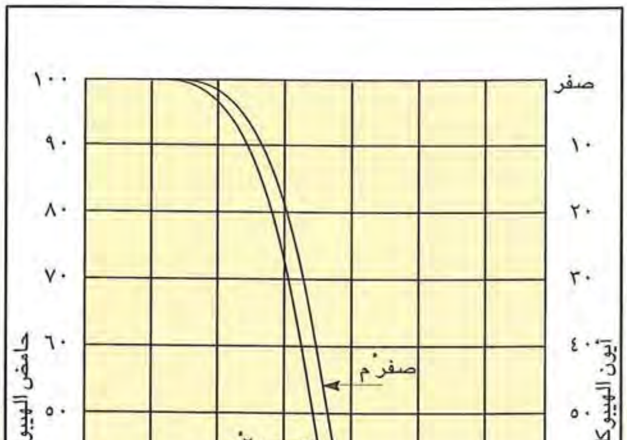
$$HOCl \longrightarrow H^+ + OCl^-$$

تعتمد كفاءة التعقيم بالكلور على كمية الكلور وتركيزه، ووقت التعرض للكلور، وخصائص ونوعية المياه المعالجة، ودرجة تركيز الملوثات في المياه، ودرجة الحرارة لإن درجة الحرارة العالية تزيد من كفاءة التطهير، ويعتمد الوقت الكافي لحدوث التفاعل وبشكل كامل على نوعية المياه من الناحية الجرثومية والكيميائية . وبالتالي لابد أن يكون هناك كلور متبقي في المياه يتراوح تركيزه بين ٠,٥ إلى جزء واحد في المليون لضمان حمايتها من أي ملوثات .

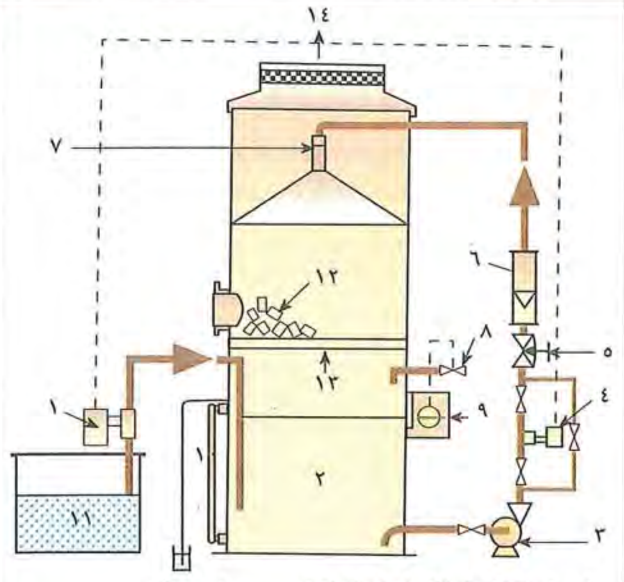
وحيث أن الكلور عامل مؤكسد قوي فإن المواد العضوية التي تتأكسد في المياه نتيجة لاستخدامه تؤدي إلى تقليل تركيز الكلور الذائب في الماء واللازم لإتمام عمليات التعقيم، وقد تتحد هذه المواد مع الكلور مكونة مواد أخرى لا يوجد لها تأثير تعقيمي على الاطلاق، ويتحكم في حدوث مثل هذه التفاعلات عدة عوامل منها (pH) ودرجة الحرارة، وبصفة عامة فإن قوة الكلور على إتمام عمليات التعقيم تقل كلما زاد الرقم الهيدروجيني للماء وكلما قلت درجة الحرارة .

وتختلف مقاومة نفس الكائنات الحية المائية للمواد المعقمة بدرجات متفاوتة، فبعض الكائنات الحية تموت في الحال، وبعضها يحيط نفسه بغشاء جرثومي ليعيش لفترات طويلة، وبمجرد إنعدام الكلور أو إزالته تعود وبشكل أقوى في التكاثر . ويجب أن تكون كمية الكلور اللازمة للتخلص من البكتيريا في حدود ٠,٥ جزء في المليون في آخر شبكة المياه، وبالتالي يتضح أنه يجب أن تكون كمية الكلور المنتجة من المحطات في حدود جزء في المليون، ويعتمد زيادة تركيز الكلور على بعد المحطة علماً بأن بعد المحطة عن آخر الشبكة قد يتطلب الأمر حقن كمية إضافية من الكلور على بعد عدة كيلو مترات من المحطة وفي الشبكة نفسها كجرعة معززة .

تتميز عملية تعقيم المياه بالكلورة بعدة مميزات منها أن الكلور عامل مؤكسد قوي،

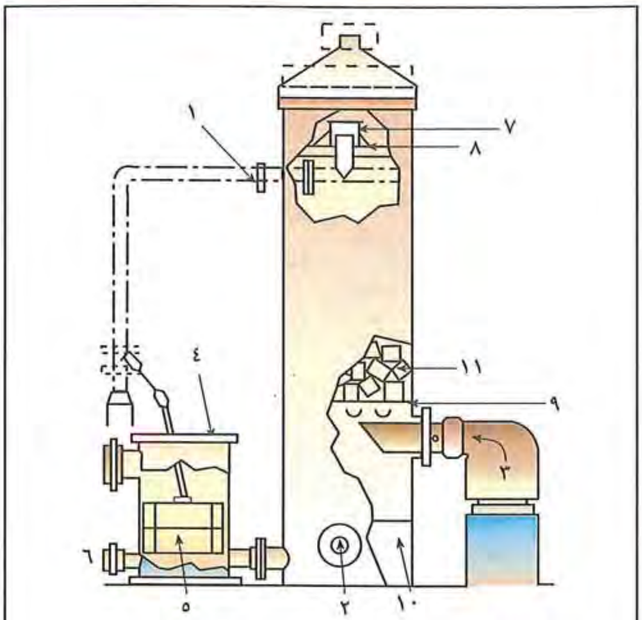


● شكل (١) توزيع حامض الهيبوكلورايت (HOCl) وأيون الهيبوكلورايت (OCl^-) في الماء طبقاً لمستويات الرقم الهيدروجيني .



١ـ مضخة تغذية بالكيماويات المركزة
٢ـ خزان محلول الشطف
٣ـ مضخة مياه الغسيل
٤ـ فتحة لقياس الرقم الهيدروجيني
٥ـ صمام التحكم في التدفق
٦ـ مقياس التدفق
٧ـ فتحات نفاثة
٨ـ صمام
٩ـ معدل المستوى
١٠ـ مبين المستوى
١١ـ كيماويات مركزة
١٢ـ مواد مالئة
١٣ـ مدخل الهواء
١٤ـ مخرج الهواء

● شكل (٢) مخطط توضيحي لجهاز نزع كبريتيد الهيدروجين.



١ـ مدخل المياه
٢ـ مخرج المياه
٣ـ دفع الهواء
٤ـ غرفة التحكم في المستوى
٥ـ عوامة
٦ـ بلاعة
٧ـ فتحات نفاثة
٨ـ حامل توزيع
٩ـ حامل للمواد المالئة
١٠ـ خزان مياه
١١ـ مواد مالئة

● شكل (٣) مخطط توضيحي لجهاز نزع ثاني أكسيد الكربون.

وسهولة نظام التجريع والتحكم، وبقاء كمية من الكلور بالمياه تسمى بالكلور الحر (Free Residual Chlorine)، إلا أنه يعاب على إستخدام الكلور ما ينتج عند تفاعله مع بعض المواد من تكوين مركبات مثل ثلاثي هالوجين الميثان (Trihalomethanes) التي تسبب مرض السرطان، إضافة إلى أنه يعطي طعماً ورائحة غير مقبولين للمياه عند زيادة تجريعه.

● إزالة الغازات

تحتوي مياه الآبار أو مياه البحر على نسبة من غاز كبريتيد الهيدروجين (H_2S)، وثاني اكسيد الكربون (CO_2)، وتحتوي المياه المنتجة على (H_2S) بكمية تتراوح بين ٢ إلى ٦ ملجرام/لتر.

تزيل وحدات التبريد والتهوية نسبة كبيرة من (H_2S)، وتحتوي خزانات المياه المنتجة على أجهزة طرد الغازات (Degasification)، لإزالة الغازات مثل كبريتيد الهيدروجين، شكل (٢)؛ وثاني أكسيد الكربون، شكل (٣)، وتزال أي كمية أخرى تتبقى من هذا الغاز بإضافة الكلور حسب التفاعل التالي :ـ

$$H_2S + 4\,HOCl \longrightarrow H_2SO_4 + 4HCl$$

تعتمد إزالة كبريتيد الهيدروجين بوساطة جهاز طرد الغازات على قيمة الرقم الهيدروجيني التي كلما زادت تأين ثاني أكسيد الكبريت وتحول إلى أكسيد الكبريت الذي يصعب إزالته بجهاز طرد الغازات. وكمثال على ذلك فعند الرقم الهيدروجيني (٧) تكون نسبة (٣٣٪) من مجموع الكبريت المذاب على شكل (H_2S)، و (٦٧٪) على شكل (HS^-).

وغالباً ما تكون المياه المنتجة من المحطات حامضية إلا أن المياه المنتجة والمررة على جهاز طرد الغازات يُزيل منها ثاني أكسيد الكربون (CO_2) بشكل أسرع من (H_2S) مع زيادة قيمة الرقم الهيدروجيني (pH)، وهذا يقلل من إزالة (H_2S) بشكل كامل، ولكن وكما تم ذكره سابقاً فإن إضافة الكلور تزيل ما تبقى من كبريتيد الهيدروجين.

● معالجة إضافية

غالباً ما تكون المياه المنتجة من محطات تنقية مياه الشرب ذات نسبة منخفضة من بعض العناصر والمركبات ـ وخصوصاً إذا كانت المياه الخام والمستخدمة في عملية الخلط منخفضة التركيز من هذه العناصر ـ مما يستلزم إضافتها على المياه المنتجة بحيث تدخل ضمن الحدود المسموح بها لمياه الشرب، وعلى سبيل المثال تؤدي الزيادة في عنصر الفلور (F) ـ الذي يمكن تجريعه على هيئة صوديوم سداسي فلورايد السيليكات (Sodium Hexafluorosilicate)ـ في مياه الشرب إلى أكثر من ١,٥ جزء في المليون إلى تغير لون الاسنان، بينما يؤدي نقصه إلى تآكلها وضعفها.

تقنيات معالجة المياه في المنزل

د. حامد بيومي مغراوي

تم استخدام بعض الأجهزة قديماً في معالجة مياه الشرب ـ لإزالة الملوثات غير المرتبطة بآثار صحية سلبية مثل الطعم ،واللون ، والرائحة ، والعكارة ، والحديد ، والعسر .. الخ. ـ في المنازل أو المواقع المستقلة إلى جانب التطبيقات الصناعية والتجارية ، ومع الإنتشار المتنامي للمواد السامة والمسرطنة في مصادر المياه العمومية ومياه الآبار الخاصة وإرتفاع مستوياتها تم تطوير وإستحداث تقنيات جديدة لإزالة هذه الملوثات من مياه الشرب .

وتوجد حالتان لإستخدام أجهزة المعالجة على المستوى المنزلي هما :

ـ معالجة منزلية للمياه الداخلة للمنازل أو المواقع المغذاة بالمياه عن طريق مصدر عمومي أو جماعي ، وبطبيعة الحال فإن نوعية المياه تكون خاضعة للمواصفات القياسية الموضوعة للمياه الآمنة ، وهنا فإن هذه المعالجة تكون لهدف جمالي فحسب مثل تحسين الطعم أو المظهر .

ـ معالجة مياه خام (غير معالجة) وتكون المصدر المائي الوحيد المتاح للمنزل أو الموقع ، والذي يكون عادةً في منطقة منعزلة ، ومن ثم تكون المعالجة ضرورية وهامة .

وفي كلتا الحالتين السابقتين فان المستهلك أمامه عدة خيارات لتحديد أجهزة المعالجة المناسبة والتي تتباين أنواعها وأحجامها .

طرق المعالجة المنزلية

يعتمد إختيار طريقة معينة من طرق معالجة المياه في المستوى المنزلي على متطلبات نوعية أهمها :

ـ صفات ونوع المصدر المائي .

ـ نوع وشدة التلوث .

ـ الجدوى الإقتصادية وتكلفة المعالجة .

ـ متطلبات المعالجة .

ـ أي متطلبات أخرى للتخلص من المخلفات الناتجة عن المعالجة .

ـ المتطلبات الموضوعة عن طريق الجهات الفنية والرقابية لمتابعة نوعية المياه .

وتنحصر طرق المعالجة المنزلية في طريقتين هما :

● المعالجة عند نقطة الاستعمال

تعنى المعالجة عند نقطة الاستعمال (Point-of-use;POU) معالجة المياه الخارجة من الصنبور مباشرة ، وتتضمن تقنية هذا النوع من المعالجة أنظمة التنقية الآتية :

ـ وحدة معالجة متصلة بالصنبور عن طريق أنبوب بلاستيكي وتوضع بجانب الصنبور .

ـ وحدة مركبة على الصنبور مباشرة .

ـ وحدة متصلة بالصنبور عن طريق أنبوب وتوضع عادة أسفل الحوض .

ـ وحدة ذات خط تغذية مستقل ولها صنبورها الخاص .

● المعالجة عند نقطة الدخول

تختص بالمعالجة عند نقطة الدخول (Point. of entry, POE) أي بمعالجة المياه عند موقع دخولها في المنزل أو الموقع المستقل ،مثل: مدرسة ، ومطعم ، ومصنع ..الخ قبل توزيعها في أرجائه وفي هذه الحالة توضع هذه الأنظمة بمدخل المنزل مثل الجراج (المرآب) ، أو في البدروم وتكون أكبر حجماً ، وأكثر تعقيداً ولها تكلفة أولية عالية .

تقنيات المعالجة

من البديهي أن لاتختلف التقنيات المستخدمة لمعالجة المياه على المستوى المنزلي عن التقنيات التي تطبق في محطات معالجة المياه بوجه عام ، ولكن تختلف عنها في أنها تتعامل مع ملوثات أقل تركيزاً من حيث مستويات الملوثات العضوية ، ودرجة العكارة ،والفلوريدات ، والكلوريدات ، والزرنيخ ،والنترات ، والنشادر ، والكائنات الدقيقة . ويمكن من خلال إحدى هذه التقنيات تحسين العوامل الجمالية للمياه عن طريق إزالة بعض المكونات والتي لايسبب وجودها مشاكل صحية ، فضلاً عن أنها ليست خاضعة لتنظيمات مراقبة جودة المياه مثل تركيز الأملاح الصلبة الذائبة ، والنحاس ، والكلوريدات ، والكبريتات ، والحديد ، واللون ، والطعم ، والرائحة ، وتتضمن تقنيات المعالجة على المستوى المنزلي واحدة أو أكثر من تقنيات معالجة المياه التي تشمل الإدمصاص ، والتبادل الأيوني ، والتناضح العكسي ، والترشيح ، والأكسدة الكيميائية ، والتقطير ، والتهوية ، و تطهير المياه . يستعرض جدولي (١،٢) نوعية الملوثات وتقنية المعالجة الأكثر مناسبة لإزالتها من مياه الشرب على المستوى المنزلي .

ويمكن استعراض تقنيات معالجة المياه على المستوى المنزلي ، والعوامل المؤثرة ، وعيوبها من الناحيتين الميكروبية والكيميائية فيما يلي :

● حبيبات الكربون المنشط

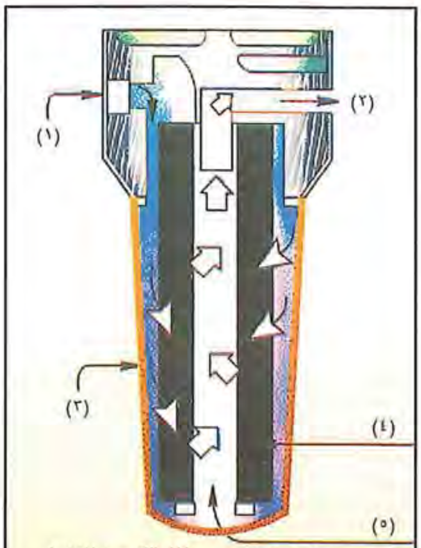
يعد استخدام مرشحات الكربون المنشط (Granular Activated Carbon-GAC) ، شكل (١) ، الأكثر شيوعاً في أنظمة المعالجة المنزلية لما تتصف به من سهولة في التركيب والصيانة إلى جانب أن تكلفة التشغيل محصورة فقط في إستبدال

● جدول (١) ملخص الأداء لتقنيات معالجة الإزالة للمركبات العضوية

المركبات	الكربون الحبيبي المنشط	التهوية بالبرج المعبأ	التناضح العكسي	كفاءة الأكسدة بالأوزون Δ	المعالجة التقليدية
المركبات المتطايرة					
الألكانات Alkanes					
رابع كلوريد الكربون	++	++	++	–	–
١ ، ٢ – ثنائي كلوريد الإيثان	++	++	++	–	–
١ ، ١ ، ١ – ثلاثي كلوريد الإيثان	++	++	++	–	–
١ ، ٢ – ثنائي كلوريد البروبان	++	++	++	–	–
ثنائي بروميد الإيثيلين	++	++	+	–	–
ثنائي بروميد كلوريد البروبان	++	++	NA	–	–
الألكينكات Alkenes					
كلوريد الفنيل	+	++	NA	++	–
١ ، ١–ثنائي كلوريد الإيثيلين	++	++	NA	++	–
١ ،٢–ثنائي كلوريد الإيثلين	++	++	–	++	–
١ ، ٢–ثنائي كلوريد الإثيلين	++	++	NA	++	–
ثلاثي كلوريد الإثيلين	++	++	+	+	–
المركبات العطرية (الأروماتية)					
بنزين	++	++	–	++	–
تولوين	++	++	NA	++	–
زايلين	++	++	NA	++	–
إيثيل البنزين	++	++	–	++	–
كلوريد البنزين	++	++	++	+	–
أورثو – ثنائي كلوريد البنزين	++	++	+	+	–
بارا – ثنائي كلوريد البنزين	++	++	NA	+	–
ستيرين	++	++	NA	++	–
المبيدات الكيميائية					
خماسي كلوريد الفينول	++	–	NA	++	NA
٢ ، ٤ – D	++	–	NA	+	–
الآكلور	++	++	++	++	–
الديكارب	++	–	++	NA	–
فيوران الكربون	++	–	++	++	–
لندين	++	–	NA	–	–
توكسافين	++	++	NA	NA	–
سباعي الكلوريد	++	++	NA	+	NA
كلوردين	++	–	NA	NA	NA
٢ ، ٤ ، ٥ – TP	++	NA	NA	+	NA
ميسوكسي الكلوريد	++	NA	NA	NA	NA
مركبات أخرى					
أكريل أميد	NA	–	NA	NA	NA
إبيي كلور الهيدرين	NA	–	NA	–	NA
ثنائي الفنيل متعدد الكلوريد (PCBs)	++	++	NA	NA	NA

++ : ممتاز (٧٠ – ١٠٠٪) . + : متوسط (٣٠ – ٦٩٪) . – : ضعيف (صفر – ٢٩٪)

NA : غير معلوم . Δ : ٢ – ٦ جزء من مليون



● شكل (١) منظر لوحدة كربون منشط للإستخدام المنزلي

الغشاء الداخلي (الشمعة) بعد تشبعها ، كما أن أداء وحدة الكربون المنشط يمكن أن يكون كافياً لإزالة الملوثات العضوية وبعض الملوثات غير العضوية ، ويعتمد أداء الوحدة على مجموعة من العوامل أهمها : تصميم الوحدة ، ونوع وكمية الكربون المنشط ، والمدة الزمنية لاتصال المياه بالكربون.

يعمل الكربون المنشط على إزالة الملوثات من المياه عن طريق خاصية الإدمصاص ، حيث تلعب المساحة السطحية الكبيرة والبناء الهيكلي للمسام أهمية كبرى لإدمصاص المواد العضوية ، وتؤدي عملية تنشيط الكربون إلى توفير مساحات سطحية كبيرة داخل مسام جزيئاتها ، وفضلاً عن ذلك فإنه كلما كانت المساحة أصغر مقارنة بحجم الجزيئات المراد إدمصاصها كانت قوى جذبها أكبر ، كما أن لكل نوع تجاري من حبيبات الكربون المنشط خواص مميزة تجعله أكثر توافقاً لتطبيق معين عن أنواع أخرى ، وقد تواجه هذا النوع بعض المشاكل منها :

※ **مشاكل ميكروبيولوجية :** ومن أهمها نمو وتكاثر البكتيريا على مرشحات الكربون المنشط بسبب أن المواد العضوية المدمصة على سطح الكربون تشكل وسطاً جيداً لنمو وتكاثر البكتيريا خاصة في فترات توقف المرشح عن العمل حيث تكون الفرصة سانحة لتكوين مستعمرات كثيفة ، وفضلا عن ذلك تساعد درجة حرارة الغرفة الدافئة ومعدلات سريان المياه المنخفضة ، وفترات التوقف (خلال الليل أو أثناء العطلات) على نمو المزيد من مستعمرات البكتيريا ، وقد ينتج عن ذلك بعض المشاكل الصحية لمستخدمي تلك المياه .

تعد النزلات المعدية والمعوية من أكثر

● جدول (٢) ملخص الأداء لتقنيات معالجة المواد غير العضوية

المادة	الومينا منشطة	تخثير - ترشيح	تحكم في التآكل	ترشيح مباشر	ترشيح دياتوماتو	حبيبات الكربون النشط	تبادل أيوني	تيسير الجير	تناضح عكسي	تهوية
أسبتستوس	−	++	++	++	++	−	−	−	−	−
باريوم	−	−	−	−	−	−	++	++	++	−
كادميوم	−	++	−	−	−	−	++	++	++	−
كروم (III)	−	++	−	−	−	−	++	++	++	−
كروم (IV)	−	++	−	−	−	−	++	−	++	−
زئبق	−	+ إلى ++	−	−	−	++	−	++	++	−
نترات ونيتريت	−	−	−	−	−	−	++	−	++	−
سيلينيوم (IV)	++	++	−	−	−	−	−	+	++	−
سيلنيوم (VI)	++	−	−	−	−	−	−	−	++	−
زرنيخ (III)	++[a]	++[a]	−	−	−	−	−	+ إلى ++	+	−
زرنيخ (V)	++	++	−	−	−	−	++	+ إلى ++	++	−
راديوم – ٢٢٦	−	−	−	−	−	−	++	++	++	−
رادون	−	−	−	−	−	++	−	−	−	++
يورانيوم	b	++	−	−	−	−	++	++	++	−

++ : ممتاز (٧٠ – ١٠٠٪). + : متوسط (٣٠ – ٦٩٪). − : ضعيف (صفر – ٢٩٪). a : بالأكسدة الأولية. b : غير معروف

التأثيرات الصحية شيوعاً وشدة للتلوث الميكروبيولوجي للمياه بالإضافة إلى وجود أعراض أخرى تتضمن الصداع وتقلصات المعدة والقيء، والإسهال، والشعور بالإجهاد، والغثيان، بل ويمكن أن يؤدي وجود الفيروسات إلى الأصابة بالشلل والتهاب الغشاء السحائي، ويعد وجود بكتيريا القولون دليلاً على تواجد كائنات أخرى دقيقة في المياه يمكن أن تتسبب في الإصابة بالدوسنتاريا، والتهاب الكبد الوبائي، وحمى التيفود، أو الكوليرا.

كذلك لوحظ وجود مصدر آخر هام لتلوث المياه بسبب التصاق البكتيريا بحبيبات الكربون المتناهية الدقة والتي تمر خلال مرشحات الكربون مصاحبة للمياه المعالجة، وقد أتضح في هذا الخصوص أن زيادة عمق المرشح وإحتواء المياه على عكارة عالية، وزيادة معدل الترشيح، قد يؤدي الى تسرب أعداد عالية من دقائق الكربون المحتوية على بكتيريا ذاتية التغذية أو زيادة عدد بكتيريا القولون.

وتختلف نوعية بكتيريا المياه الناتجة عن أجهزة المعالجة المنزلية عن التي تأتي من خلال مصادر المياه العمومية، كما أن أعداد البكتيريا في المياه المعالجة عبر المرشحات المنزلية يمكن أن يرتفع عشرات أو مئات المرات عن عددها في عينات من مياه المصادر العمومية، حيث لوحظت مستويات عالية من البكتيريا على مرشحات الكربون وصلت إلى ٧٠٠٠٠ وحدة لكل مليمتر مياه خلال الأيام الستة الأولى من تركيب مرشح كربوني جديد، كذلك لوحظت مستويات عالية من البكتيريا في كميات المياه الخارجة عند بداية عمل المرشحات الكربونية بعد توقفها أثناء الليل، ولتجنب هذه المشكلة - ولوجزئياً - يمكن عدم استخدام الاحجام الأولى من المياه الخارجة عبر المرشحات.

وفي محاولة للتحكم في نشاط البكتيريا داخل وحدات الترشيح الكربونية تم زرع أيونات الفضة أو إضافة مبيدات مضادة للبكتيريا في ثنايا حبيباتها، وقد وافقت الوكالة الأمريكية لحماية البيئة على صلاحية بعض هذه المنتجات بشرط أن لايزيد تركيز عنصر الفضة في المياه الناتجة عن ٥٠ ميكروجرام /لتر، وقد أظهرت الأبحاث العلمية حول هذا الموضوع أن وحدات المعالجة المحتوية على أيونات الفضة قد أدت إلى خمول جميع الكائنات الدقيقة لبكتيريا القولون من ضمنها النوع إسكيرتشيا كولي (Escherichia Coli)، ومع ذلك فإن موضوع تأثير الفضة على تكاثر أنواع أخرى من البكتيريا مازال محل جدل.

※ **مشاكل كيميائية**: وتنحصر في أن التنافس على مواقع الإدمصاص بين الملوثات ذات الإهتمام، والمواد العضوية الأخرى في المصدر المائي، والكلور، والتجمعات الميكروبية يؤدي إلى الخروج المبكر لكميات محسوسة من هذه الملوثات مع المياه خلال وحدة الكربون، كذلك يمكن حصول نفس المشكلة في أحوال أخرى مثل التحميل العالي لحركة المياه، والإدمصاص المتوسط إلى الضعيف لبعض الملوثات على حبيبات الكربون، وإستنفاذ مرشح الكربون.

● الأغشية

تتصف الأغشية (Membranes) بكونها مادة متبلمرة رقيقة، ناعمة، مرنة ولها قدرة على تكوين سطح محدد أو سطح داخلي للتحكم في إختيار ومرور الملوثات عند معالجة المياه. وتندرج أغلب وحدات الأغشية المصنعة والمستخدمة في معالجة مياه الشرب تحت أربعة أنواع أساسية هي: عديد الأميد، وخلات السليلوز، وثلاثي خلات السليلوز، والغشاء المركب. ويتميز الشكل المثالي للأغشية بنسبة عالية من المساحة السطحية إلى الحجم، ومقاومة عالية ضد تسمم الوسط (فقد كفائته) نتيجة وجود المواد الصلبة العالقة في المياه. ولكل نوع من هذه الأغشية صفات مميزة يجب أن تؤخذ في الحسبان عند الاستخدام كما هو مبين في جدول (٣).

※ **أنواع الأغشية**: وتنقسم الى قسمين اساسيين هما:

- **غشاء نفاذ للمياه**: ويتضمن عمليات التناضح العكسي، والترشيح النانومتري،

والترشيح الفائق، والترشيح الميكرومتري وفيها يتراوح حجم الجزيئات المرفوضة من المرور في عمليات الفصل النوعي بين ١ إلى $١٠^{٤}$ أنجستروم ($١٠^{-٨}$ إلى $١٠^{-٤}$ سم)

- غشاء غير نفاذ للمياه: ويتضمن عمليات مثل الامتزاز الغشائي الكهربي والامتزاز الكهربي العكسي.

※ أشكال الأغشية: ومن أهمها: المنسوج المجوف، والملفوف الحلزوني، والأنبوبي، والمسطح، وعلى شكل إطار حيث تعد أشكال المنسوج المجوف والملفوف الحلزوني هما الأكثر شيوعاً في معالجة المياه على المستوى المنزلي.

تصل نسبة عائد المياه المعالجة باستخدام الغشاء المنسوج المجوف من ٥٠ الى ٦٠٪، وفيها يتم ضخ المياه الخام تحت ضغط ٢٠٠ إلى ٤٠٠ رطل/ بوصة مربعة خلال أنبوب التوزيع ليمر خارجاً خلال ضفائر المنسوج، وتمر المياه المضغوطة خلال جدار المنسوج المجوف عبر المسام ليتم التخلص من أغلب الأملاح الذائبة، والمواد العضوية، والبكتيريا.

من جانب آخر تصل نسبة استعادة المياه المعالجة باستخدام الملفوف الحلزوني بين ٥٪ إلى ١٥٪ من معدل سريان المياه الخام، وتتميز وحدات الملفوف الحلزوني بنسبة جيدة من المساحة السطحية إلى الحجم، وبعدم تعرضها للالتصاق أو التسمم، إلا أنه في حالة المياه عالية التعكر يتطلب معالجتها قبل دخولها إلى وحدة المعالجة. ويمكن أن يحتوي نظام الملفوف الحلزوني - بحد أقصى - على ست وحدات غشائية متصلة على التوالي.

● الترشيح الفائق

صممت أغشية الترشيح الفائق (Ultrafilteration) لفصل العوالق والملوثات العضوية عن طريق إستغلال الخواص المسامية للأغشية، وبالرغم أن هذه الأغشية يمكن أن تفصل بكفاءة كل المواد العالقة تقريباً، والكائنات الدقيقة، والجزيئات العضوية الكبيرة من المياه، إلا أن لها تأثيراً منخفضاً في فصل المواد الصلبة الذائبة مثل الأملاح المعدنية. وإلى وقت قريب لم يجد إستخدام الترشيح الفائق في عمليات معالجة المياه الإهتمام الكافي، بالرغم من استخدامها في عمليات التناضح العكسي، وقد تم إدخال تعديلات عليها لتعطيها بناءً مختلفاً. وتتركب الأغشية المتاحة حالياً من بوليمرات مثل السليلوزية، وعديدة السلفون، و الغشاء المركب، وفلوريد عديد فينيل الداين. كذلك تم تطوير أنظمة الترشيح الفائق مثل الملفوف الحلزوني، والأنبوبي، والمنسوج المجوف حيث تتراوح مسامية أغشية الترشيح الفائق مابين ٤٠ إلى ١٠٠٠ أنجستروم. وبالتالي يمكن أن تستخدم بفاعلية لإزالة الأجسام الغروية الأقل من ميكرون بسهولة، فضلاً عن إزالة الكائنات الدقيقة ودقائق الطمي، والمركبات العضوية ذات الوزن الجزيئي الكبير. وبالرغم من أن أغشية الترشيح الفائق المستقلة يمكن أن تنتج نسبة أستعادة للمياه تتراوح مابين ٢٠٪ إلى ٣٠٪ حسب ظروف التشغيل مثل الضغط، معدل التدفق، إلا أنه يمكن تحويل النظام إلى مراحل لينتج نسبة عائد عالية تصل إلى ٨٠٪.

وفي حالة أنظمة معالجة المياه المنزلية عند نقطة الدخول يمكن إستخدام النظام الذي يدخل فيه المحلول المركز الناتج من المرحلة الأولى للترشيح (الترشيح العادي) إلى مرحلتين أخرتين، ومن أهم المشاكل الناتجة عن إستخدام الأغشية مايلي:

※ مشاكل ميكروبيولوجية: وتنحصر في عدم فعالية هذه الأغشية في منع المرور الكامل للبكتيريا والفيروسات. فضلاً عن أن تواجد المواد غير العضوية، وكثافة البكتيريا، ودرجة الحرارة، والرقم الهيدروجيني، والمطهرات يمكن أن يؤثر على أداء الغشاء وعمره، وبالتالي إحتمالية تعرض صحة المستهلكين للخطر بنفس الطريقة التي تم وصفها سابقاً عند التطرق لمشاكل استخدام الكربون المنشط.

وزيادة على أن الظروف المتوفرة في الأغشية والمتمثلة في مساحة سطحية كبيرة دائمة البلل، ودرجة حرارة الغرفة الدافئة تمثل جميعها ظروف مناسبة لنمو البكتيريا وتكاثرها، كما يمكن للطبقات الحيوية المتكونة أن تحتفظ بالمواد الذائبة والعالقة، فتستخدمها البكتيريا كغذاء، وهذه الطبقات علاوة على تسميمها للوسط الغشائي يمكن أن تحمي البكتيريا من آثار المواد المطهرة. كذلك يمكن لنوعية الماء الناتج أن تسوء نتيجة ما يسمى "إستقطاب التراكيز" وتعني زيادة مرور الأملاح نتيجة تجمعها في الطبقة الحيوية المتكونة.

※ مشاكل كيميائية: وتنحصر في أن تقنية الترشيح الغشائي تعجز عن إزالة الملوثات ذات الآثار الصحية الضارة مثل المبيدات أو النترات، وهما من الملوثات الشائعة في المياه الجوفية، وعليه فمن الضروري إختيار الغشاء المناسب لإزالة هذه الملوثات، فمثلاً يجب إستخدام الشريحة المركبة الرقيقة لإزالة النترات بسبب أنها سهلة المرور خلال الأغشية السليلوزية.

● التبادل الأيوني

تستخدم خاصية التبادل الأيوني لإزالة المركبات التي لها علاقة بالناحية الجمالية في الغالب وليس التي ينتج عنها مشاكل صحية.

وتعد راتنجات التبادل الأيوني (Ion Exchange Resins) من أهم المواد المستخدمة في عمليات التبادل الأيوني، وبالرغم من فعالية راتنجات التبادل الأيوني في عمليات تيسير المياه إلا أن لها مشاكل تتمثل فيما يلي :-

المتغير	نوعية الغشاء المتبلمر			
	عديد الأمين	خلات السليلوز	ثلاثي خلات السليلوز	الغشاء المركب الرقيق
الرقم الهيدروجيني	٤ - ١١	٢ - ٨	٤ - ٨	٢ - ١٢
الكلور	ضعيف	جيد	جيد جداً	جيد
المقاومة الحيوية	جيد	ضعيف	جيد جداً	جيد
التسمم	متوسط	منخفض	منخفض	متوسط/عالي
التنظيف	جيد	ضعيف - معتدل	ضعيف - معتدل	جيد
درجة حرارة الثبات (°م)	٣٥	٣٥	٣٠	٥٠
رفض مرور النوعيات الأيونية (٪)	أكبر من ٩٠	٩٠	٩٠	أكبر من ٩٠
رفض مرور المركبات العضوية (٪)	صفر - ٩٠	صفر - ٣٥	-	صفر - ١٠٠

● جدول (٣) مقارنة أداء الأغشية المتبلمرة المختلفة الأنواع

* **مشاكل ميكروبيولوجية :** ومن أهمها النمو البكتيري في وحدات التبادل الأيوني ، حيث يمكن أن يصل مستواه في المياه المعالجة إلى أعلى من مستواه في المياه الخام . وبالرغم من وجود هذه الظاهرة في أوساط الترشيح الأخرى إلا أن عمليات إعادة التنشيط أو الغسيل العكسي ، أو التخلص من كمية المياه الناتجة في البداية يمكن أن يخفض من العدد البكتيري في الوسط المعالج ، ومع ذلك فإنه مازال من الضروري معالجة المياه الناتجة بالتطهير للتأكيد على حماية المستهلك .

* **مشاكل كيميائية:** وتنحصر في أن استخدام نظام التبادل الأيوني الموجب ينجم عنه مستويات عالية من الصوديوم ، مما يؤثر على مرضى إرتفاع ضغط الدم والقلب ، ومع ذلك فأن استخدام نظام تناضح عكسي بعد عملية التبادل الأيوني يعد خياراً أفضل لتقليل الصوديوم إلى مستويات منخفضة جداً .

من جانب آخر ينجم عن استخدام نظام تبادل أيوني سالب إنخفاض الرقم الهيدروجيني ، مما يؤثر على لحامات التوصيلات المنزلية ، وينتج عنه مستويات عالية من النحاس والحديد ، أو الرصاص ، بالإضافة إلى تقصير عمرها . كذلك فإن الإزالة الانتقائية للملوث تعد من الإعتبارات التي يجب الإهتمام بها في عمليات التبادل الأيوني السالب، وعلى سبيل المثال فإن أيون الكبريتات يكون المفضل لأغلب راتنجات التبادل الأيوني السالب عن أيون النترات ، مما يؤدي إلى خفض سعة تبادل الراتنج بالنسبة للنترات ، وبالتالي يؤدي إلى تسربها إلى المياه المعالجة معرضة المستهلك إلى أخطار صحية محتملة.

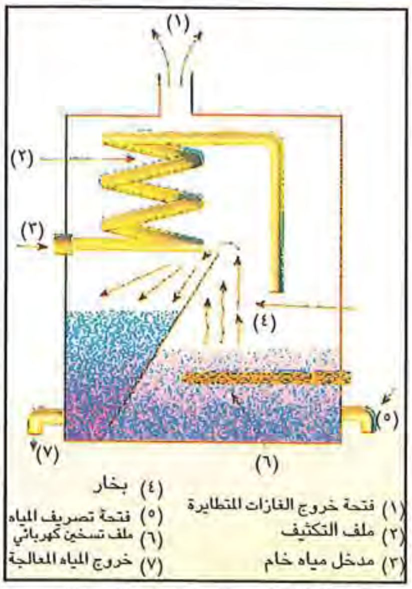
● التقطير

يعرف التقطير (Distillation) بالعملية التي يتم فيها سحب الغاز أو البخار من السوائل عن طريق التسخين ثم تكثيفه وتحويله مرة أخرى إلى سائل ، وبالتالي فإن عملية التقطير هي استخدام التبخير لتنقية المياه ، وعند تسخين المياه لتكوين بخار فإن المعادن الذائبة (المركبات غير العضوية) ، والمواد العضوية غير المتطايرة ، والمواد العالقة لاتتبخر مع المياه وتستقر في إناء الغليان . ويوجد نوعان لأنظمة التقطير المنزلي هما التبريد بالهواء والتبريد بالمياه ، ويعد التقطير مؤثراً للغاية في إزالة المركبات غير العضوية مثل المعادن (الحديد والرصاص) ، والنيترات ، والعسر (كالسيوم ومغنيسيوم) ، والمواد العالقة من المياه ، وتتمثل أهم ميزات عمليات التقطير في القضاء على أغلب أنواع البكتيريا وبعض الفيروسات الموجودة بالمياه عند درجات الحرارة العالية ، الا أنه بالنسبة للنوعيات التي لم تتأثر بالحرارة فهي تخرج من المياه مصاحبة للبخار المتصاعد ، وتختلف فعالية التقطير في إزالة المركبات التي لها درجة غليان أعلى من درجة غليان المياه مثل بعض المبيدات الحشرية التي يمكن إزالتها بفاعلية من المياه ، وبالنسبة للمركبات العضوية المتطايرة فإنها سوف تتبخر عند درجات حرارة قبل غليان المياه ، ويجب إزالتها عن طريق فتحة تهوية إلى الجو ، وإذا لم يتم إزالتها قبل عملية التكثيف فإنها سوف تلوث المياه المعالجة .

وتحتاج وحدات التقطير ، شكل (٢)، إلى تيار كهربائي عالي نسبياً يصل لحوالي ٣ كيلووات ـ ساعة لكل جالون من المياه المعالجة ، ولخفض الاستهلاك الكهربائي فإن بعض الوحدات تزودّ بأوعية تسخين أولية وفاصل تلقائي لقطع التيار الكهربائي .

* **مشاكل ميكروبيولوجيه :** بالرغم أن أغلب البكتيريا الموجودة في المياه الخام تقتل تحت تأثير درجات الحرارة العالية ، إلا أنه يوجد بعض الأنواع التي لا يتم القضاء عليها فتنفصل من المياه مع البخار المتصاعد ، وهناك مخاطرة أخرى من أن التلوث الميكروبي يمكن أن يحدث نتيجة إحتكاك الهواء بالمياه المعالجة بغرض تحسين طعم المياه الناتجة بإذابة كل من الأكسجين وثاني أكسيد الكربون فيها .

* **مشاكل كيميائية :** ومن أهمها تأثير إزالة كل المعادن الهامة ، إذ أن ذلك يؤثر بطريقة غير مباشرة على صحة المستهلك ، حيث تمثل المياه حوالى ٥٪ كمصدر للمعادن الضرورية لجسم الأنسان ، كذلك فإن إزالة الملوثات العضوية المتطايرة والتي لها درجة غليان قريبة من درجة غليان الماء تعد صعبة ، حيث أن هناك احتمال قوي لتجمعها في المكثف وبالتالي في المياه المعالجة . وحلاً لهذه المشكلة تم تزويد وحدات التقطير بنظام التهوية للغازات المتطايرة أو غرف معالجة قبل التسخين ، أو وحدات معالجة مثل حبيبات الكربون المنشط .



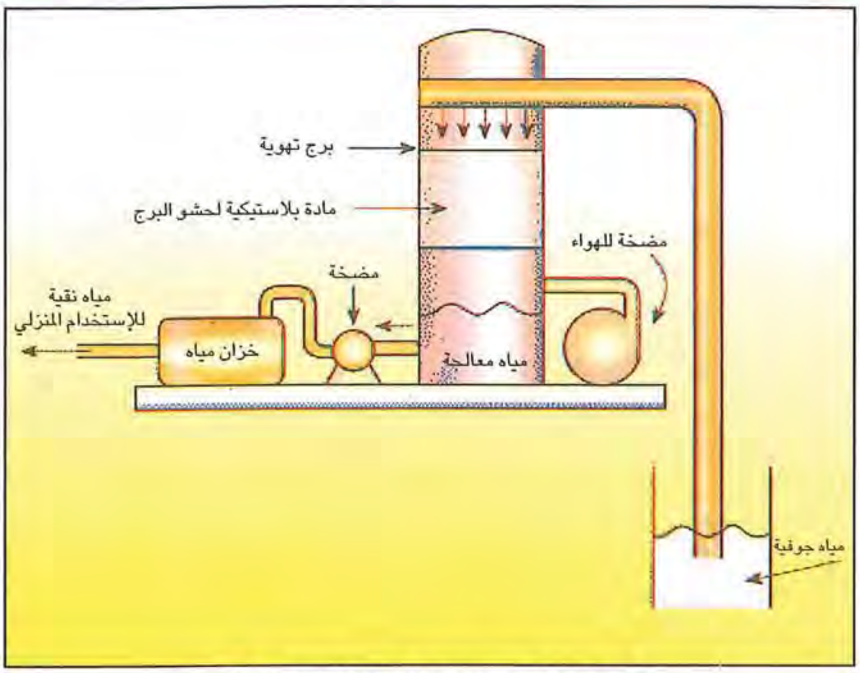
● شكل (٢) وحدة معالجة مياه بالتقطير

● المعالجة بالتهوية

برهنت تقنية التهوية (Aeration) داخل الأبراج المعبأة على كفاءتها لإزالة المواد العضوية المتطايرة من مصادر مياه الشرب ، وفي هذا النظام تدخل المياه المراد معالجتها من فوهة برج التهوية حيث تتحرك إلى أسفل تحت تأثير الجاذبية بينما يتم ضخ الهواء من أسفل إلى أعلى خلال فتحات ضيقة باستعمال مضخات ميكانيكية ، ويحتوى البرج على مواد حشو خاملة عادة من مادة البلاستيك لتزيد من مساحة تقابل سطحى الهواء/ماء لتحسين ظروف حركة الكتلة ، شكل (٣) ، وتتلخص فعالية تقنية المعالجة بالتهوية في إنتقال المواد العضوية المتطايرة من الماء إلى الهواء الذي يخرج إلى الجو . وتعتمد درجة الإزالة على عدة عوامل منها :

١ـ نسبة الهواء الى الماء .
٢ـ نوعية مادة الحشو .
٣ـ إرتفاع طبقة الحشو .
٤ـ معدل التحميل المائي .
٥ـ نوع وتركيز المواد العضوية المتطايرة المراد إزالتها .

ويستخدم الفصل بالتهوية في تطبيقات معالجة المياه المنزلية خاصة في ظروف وجود تراكيز عالية من المواد



● شكل (٣) نظام معالجة المياه المنزلية بالتهوية

العضوية المتطايرة ، وقد تستخدم المعالجة بالتهوية في إزالة غاز الميثان الذي يتواجد في آبار المياه القريبة من حقول البترول أو الغاز الطبيعي أو الأرض المخصصة للتخلص من المخلفات .

*مشاكل ميكروبيولوجية : ومن أهمها أن إستخدام وحدات البرج المعبأ في أغلب الأحوال يرتبط توصيله بوحدة تطهير المياه بعد المعالجة ـ وحدة كلور أو أشعة فوق بنفسجية ـ بالرغم من عدم وجود دلائل قوية على نمو طبقات بيولوجية على سطح المواد المعبأة للبرج في تطبيقاته على مياه الشرب .

* مشاكل كيميائية : وتنحصر في أن عمليات التهوية ينتج عنها مياه أكثر نشاطاً نتيجة ذوبان ثاني أكسيد الكربون في المياه حيث يمكن أن تسبب أو تزيد من معدل تآكل سخانات المياه ، واللحامات ، ومواد فواصل التوصيلات ، وبالتالي إحتمال تعرض المستهلك إلى مستويات عالية من الرصاص ، والنحاس ، والحديد .. الخ .

● الألومينا المنشطة

تعد الألومينا المنشطة (Activated Alumina) الأكثر إستخداماً لإزالة الفلوريدات من مياه الشرب مع إمكانية إزالة كل من الزرنيخ ، والكروم ، والسيلينوم ، والزئبق غير العضوي ، و تتم إزالة الملوثات بالألومينا المنشطة عن طريق عمليتي التبادل /الادمصاص ، وبالتالي تعد الخواص السطحية للألومينا عاملاً هاماً في إكسابها خواصاً لإدمصاص العناصر ، وتعد خاصية إدمصاص الفوريدات وإزالتها واحداً من المزايا التي تتصف بها الألومنيا المنشطة بسبب أن سعة الوسط لا تتأثر كثيراً بوجود أيونات منافسة مثل الكبريتات ، الكلوريدات ، أو البيكربونات .

* إعتبارات ميكروبيولوجية : ومن أهمها أنه رغم انخفاض بكتيريا القولون خلال مرشح الألومينا المنشطة الا أن نمو البكتيريا غير القولونية على الوسط تتزايد بسبب تكاثر بكتيريا العدد الكلي عادة على أوساط المرشحات . ولتلافي هذا العيب يكفي فتح الصنبور لمدة قصيرة للتخلص من هذه المستويات العالية .

● التطهير والأكسدة

بالرغم من أهمية إزالة الملوثات العضوية وغير العضوية من مياه الشرب للتحكم في أو إزالة الآثار الصحية المزمنة والتي تنتج عن وجود الملوثات ، إلا أنه بنفس الأهمية ـ أو أكثر ـ يمكن التحكم في أو إزالة الملوثات الميكروبية والتي يمكن أن تحدث مشاكل صحية حادة . ولتحقيق هذا الهدف يلزم استخدم مطهر للتحكم في مصدر البكتيريا ، والفيروسات ، والأكياس الجرثومية عند تواجدها في مصادر المياه . لذا فمن الضروري أن تلي كل عمليات المعالجة عمليات تطهير للتأكد من خلو المياه من الجراثيم المرضة ، ومن أهم المطهرات التي تستخدم عادة في أنظمة المرشحات المنزلية سواء المستعملة عند نقطة الدخول أو نقطة الاستعمال مايلي :

*الأشعة فوق البنفسجية : وتعد الوسيلة الأكثر شيوعاً في عمليات التطهير المصاحبة لطرق المعالجة المنزلية المتنوعة ، ومن أهم ميزات التطهير بالأشعة فوق البنفسجية أنه لاينتج عنها طعم ، ورائحة ، أو مركبات ثانوية ، كما تتميز بسرعة عملها إلى جانب سهولة صيانة أجهزتها، وتصنع أنظمة التطهير بالموجات فوق البنفسجية لمعالجة حجوم مختلفة من المياه تتراوح بين ٥ر٠ جالون / دقيقة إلى عدة مئات من الجالونات في الدقيقة ، وأغلب هذه الأجهزة لها فترة عمر تتراوح ما بين ٦٠٠٠ الى ١٢٠٠٠ ساعة عمل ، ومن أكثر المصادر شيوعاً هي إستخدام مصابيح الكوارتز المحتوية على غاز الزئبق تحت ضغط منخفض ، وتبلغ نفاذية أنابيب الكوارتز حوالي ٩٣٪ من طاقة الأشعة منها ٨٥٪ عند طول موجة ٧ر٢٥٣ نانومتر ، وهي قريبة جداً إلى طول الموجة مثالية التأثير على قتل الجراثيم بسبب سهولة اختراقها لجدران خلايا البكتيريا لتمتصها خلال الأحماض النووية مسببة تدميراً وراثياً لها .

* الأوزون : و يستخدم في معالجة مياه الشرب بهدف التطهير وأكسدة المواد العضوية وغير العضوية ، والأوزون غاز نشيط التفاعل ولكنه غير ثابت ، ولهذا السبب يجب تحضيره واستخدامه في الموقع نفسه ، وتختلف فترة نصف عمر الأوزون في المياه تبعاً لنوعية المياه ، ولكنها عامة لاتزيد عن ساعات قليلة ، بل ربما دقائق عديدة ، ويحضر الأوزون حالياً إما بالتعرض للأشعة فوق البنفسجية أو بالتفريغ الكوروني (الكهربي) .

يستخدم الهواء كمصدر لتوليد الأوزون في أنظمة المعالجة المنزلية ، ويتراوح تركيز غاز الأوزون الناتج عن التعرض للأشعة فوق البنفسجية بين ٠١ر٠ـ١ر٠٪ بالوزن بينما ينتج عن طريق التفريغ الكهربي مابين ١ـ٣٪ بالوزن ، وحالياً توجد أنابيب أشعة فوق بنفسجية

بموجة طولها ١٨٥ نانومتر تنتج أوزون بحد أدنى ٥ر٠جم /ساعة لكل أنبوبة ، بينما تنتج أنابيب مولدات الأوزون باستخدام التفريغ الكهربى المغذاة بهواء جاف حوالي ٢ جم/ ساعة ، وبترتيب معين لبعض من هذه الأنابيب يمكن أن تصل معدلات التوليد إلى ٣٦ جم/ ساعة .

وهناك اعتقاد بأن الأوزون يعد بديلاً جيداً عن الكلور بسبب عدم تكوينه ثلاثي هالوجين الميثان ، وهو مركب ثانوي ضار ينتج عن استخدام الكلور كمطهر ، ومع ذلك فقد تم التعرف على مركبات ثانوية تنتج عن استعمال الأوزون والتي يمكن أن تؤدي الى نفس آثار تكوّن ثلاثي هالوجين الميثان والذي تم تقنين وجوده بالمياه ، كذلك فإن الأكسدة الجزئية لهذه المركبات العضوية الثانوية يمكن أن ينتج عنها مركبات ذات تأثير صحي أسوأ من تأثير المركبات الأولى.

※ **الكلور :** ويعد من أكثر المعقمات إستخداماً لتطهير مياه المصادر العمومية ، وعند إختلاطه بالمياه يكوّن حامض الهيبوكلوروز (HOCl) وأيون هيبوكلوريت (OCl^-) بكميات تعتمد على الرقم الهيدروجيني للمياه ، ومن الأهمية حفظ الكلور في صورة (HOCl) بقدر الإمكان نظراً لأن له قوة أكسدة تفوق بـ ١٠٠ مرة أكسدة أيون (-OCl) ، وبجانب الرقم الهيدوروجيني فإن وظيفة الكلور تتأثر بوجود المركبات العضوية وغير العضوية .

وتستخدم الأنظمة المائية الخاصة عادة كلور سائل (هيبوكلوريت الصوديوم) أو كلور جاف (هيبوكلوريت الكالسيوم) ، ولتجنب ترسب عناصر العسر على الأنظمة المستخدمة يوصى باستخدام مياه ميسرة ، مقطرة ، أومنزوعة المعادن لعمل محاليل الكلور .

※ **اليود :** ويوجد العديد من الطرق لإستعماله في تطهير المياه بسبب أنه لايرسب الحديد أو المنجنيز ، ولعدم تأثر قوته على الأكسدة بالرقم الهيدروجيني العالي للوسط على عكس الكلور أو بوجود مواد عضوية أو أي مواد تحتوى على النيتروجين ، ويعد اليود في حالته كعنصر أو كحامض من أكثر المواد المؤثرة كمطهر ، وبالرغم من أن الكلور يعد أكثر فعالية للتحكم في الكائنات الدقيقة كمعقم إلا أن الكلور من الصعب المحافظة على استمرارية تواجده وخاصة في وجود النشادر ، وعليه وبسبب أن اليود لايتفاعل مع النشادر فإن تأثيره يمتد لمدة أطول.

عالم في سطور

حنين بن إسحاق

هو أبو زيد حنين بن إسحاق العبادي ولد في الحيرة بالعراق سنة ١٩٤هـ ٨٠٩م ثم إنتقل الى بغداد بقية حياته حتى توفي فيها سنة ٢٦٤هـ ٨٧٧م تعلق بعلوم الطب منذ صغره شجعه على ذلك والده الذي كان يعمل بالصيدلة وتحضير العقاقير ، وقد تنقل حنين بن أسحاق كثيراً بين البلدان والامصار طلباً للعلم و الإطلاع ، اشتهر بالفصاحة والتمكن من اللغة والآداب والثقافة العلمية ، كما يعد رائد الترجمة في الحضارة الاسلامية ، حيث ترجم كثير من العلوم الى العربية وشهرته في الترجمة ربما تكون قد غطت على جهوده في الطب حيث بلغت مؤلفاته حوالى ثلاثين مؤلفاً مابين كتاب ورسالة ومقالة منها مايلي :

١ـ رسالة العين على طريقة السؤال والجواب .
٢ـ كتاب تركيب العين .
٢ـ كتاب في الرمد .
٤ـ مقالة في تكوين الجنين .
٥ـ كتاب المولود لسبعة أشهر .
٦ـ كتاب مسائل في الطب .
٧ـ كتاب العشر مقالات في العين ، الذي يعد أقدم ما كتب في امراض العين بطريقة علمية منظمة وتحتوي هذه المقالات على طبيعة العين وتركيبها ، طبيعة الدماغ ومنافعه ، عصب البصر، حفظ الصحة ، أسباب الأعراض الكائنة في العين ، علامات أمراض العين ، الأدوية العامة ، أجناس أدوية العين ، مداواة أمراض العين ، الأدوية المركبة لموافقة لعلل العين .
٨ـ رسالة نقدية في الترجمة .
٩ـ كتاب حفظ الاسنان واصلاحها .
١٠ـ كتاب الترياق
١١ـ كتاب في الحميات .
١٢ـ كتاب في النبض .
١٣ـ كتاب في أوجاع المعدة .
١٤ـ كتاب في أسرار الأدوية المركبة .
١٥ـ مقالة في تولد الحصاة .

● تراجم حنين بن اسحاق :

ترجم حنين بن اسحاق العديد من علوم الطب والطبيعة والهندسة والفلسفة وغيرها ومعظم تراجمه كانت لعلماء اليونان وذكر العلماء أنه ترجم الى اللغة السريانية ٩٥ كتاباً والى اللغة العربية ٣٩ كتاباً .

● ومن أهم المؤلفات التي ترجمها :

١ـ كتاب الطبيعيات والأخلاق لأرسطو .
٢ـ كتاب المعادن لأرسطو .
٣ـ كتاب القوانين لأفلاطون .
٤ـ كتاب الكسر لأبقراط .
٥ـ كتاب الأدوية المفردة لجالينوس .

والكثير الكثير من الكتب التي لايتسع المجال لذكرها هنا ، وقد شجع الخلفاء العباسيين حنين بن اسحاق على القيام بهذه الاعمال الجليلة .

المصادر : ـ
ـ كتاب أعلام حضارتنا، د. فاضل العبيد عمر .

تكلفة إنتاج مياه الشرب

أ. عدنان جمال الساعاتي

تحتاج مشاريع إنتاج مياه الشرب وتنقيتها ونقلها وتوزيعها للمستهلكين في المناطق الحضرية إلى استثمارات مالية كبيرة . وتعد تكلفة الإنشاء والتشغيل عنصراً هاماً في تحديد الجدوى الإقتصادية لمشاريع المياه ، والمفاضلة بين الحلول البديلة لتأمينها ، وتحديد مراحل تطوير مكونات هذه المشاريع لمواجهة احتياجات المياه الحالية والمستقبلية .

يهدف هذا المقال إلى إعطاء فكرة مختصرة ومبسطة لعناصر التكلفة وحجم الاستثمارات المالية المطلوبة لإنشاء وتشغيل مشاريع إنتاج المياه الجوفية ومحطات تحلية مياه البحر . كما يهدف إلى توضيح أهم العوامل التي تؤدي إلى تباين تكلفة إنتاج المتر المكعب من مياه الشرب من مصدر لآخر .

نظام إمداد مياه الشرب

ينظر إلى مشاريع تأمين مياه الشرب للمدن كنظام متكامل يبدأ من مصدر الماء وحتى وصوله عذباً نقياً للمستهلكين في منازلهم وأماكن أنشطتهم المختلفة ، ولايمكن تجزئة النظام إلا لأغراض الدراسة وتحديد المسوؤليات والتنفيذ والمتابعة . ويتألف نظام إمداد مياه الشرب كما هو مبين في الشكل (١) من أربعة أجزاء رئيسية هي :

* **أعمال أعداد مصدر الماء :** وتشمل تجهيز حقل الآبار وخطوط تجميع المياه في مشاريع المياه الجوفية أو سدود تجميع مياه الأمطار أو مآخذ مياه البحر في مشاريع تحلية المياه المالحة .

* **محطة التنقية :** ويتم فيها تنقية الماء الخام طبقاً لنوعية وأهداف التنقية ، وغالباً ما تشتمل محطات تنقية المياه الجوفية العميقة على عمليات التيسير والترشيح وإزالة الأملاح باستخدام التناضح العكسي أو الفرز الكهربائي ثم التعقيم . وتشمل مشاريع محطات التنقية بناء خزانات تجميع المياه المنقاة ومحطة الضخ إلى المناطق الحضرية ، أما محطات تحلية مياه البحر في المملكة ، وبخاصة المحطات كبيرة الحجم فغالباً ما يستخدم فيها التبخير الوميضي متعدد المراحل لإزالة الأملاح الذائبة يليها الإعذاب بالتناضح العكسي .

* **خطوط نقل المياه :** وتشمل محطات الضخ ويتم إنشاؤها لنقل المياه إلى المدن المراد تزويدها بمياه الشرب كخطوط نقل المياه من محطة التحلية بالجبيل إلى الرياض .

* **شبكة توزيع المياه على المستفيدين :** تشمل شبكة الأنابيب الرئيسة والفرعية وملحقاتها كمحطات الضخ والخزانات والمحابس والصمامات .

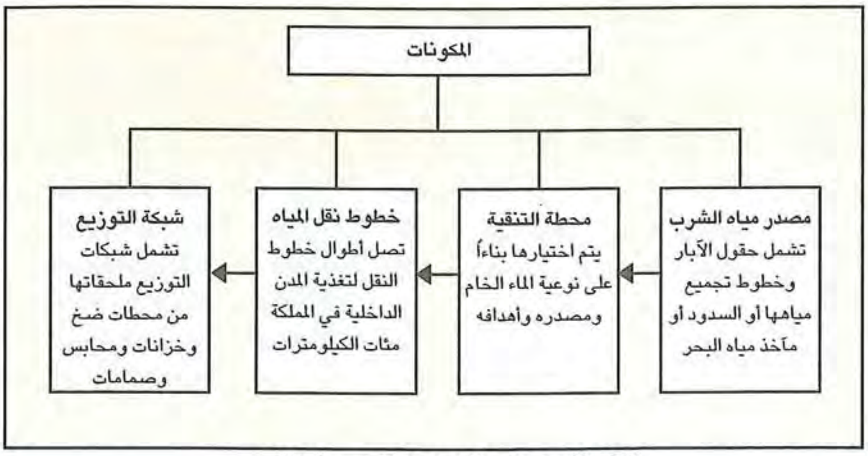
عناصر تكلفة مشاريع المياه

يمكن تقسيم تكلفة مشاريع مياه الشرب إلى عنصرين رئيسين هما التكلفة الرأسمالية وتكلفة التشغيل والصيانة كما هو موضح في الشكل (٢) :

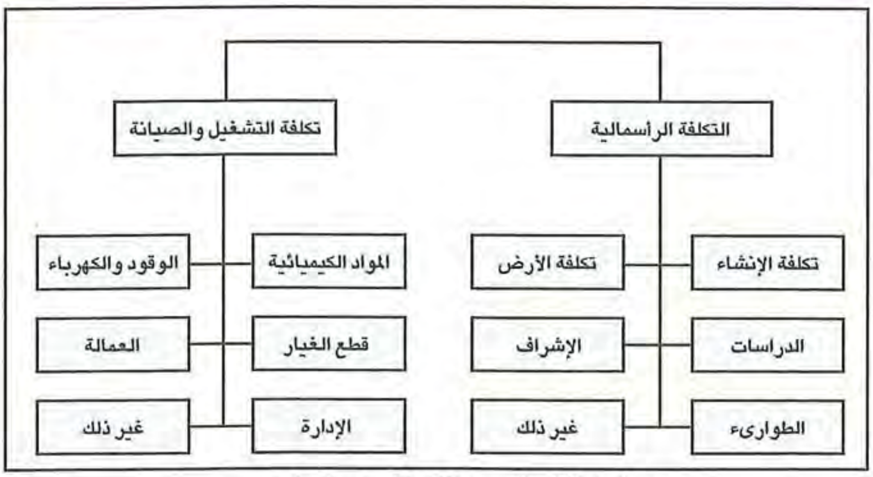
* **التكلفة الرأسمالية:** وتشمل التكلفة المباشرة للإنشاء بالإضافة إلى تكاليف الدراسات والتصاميم والإشراف على التنفيذ ومصاريف الطوارىء وغيرها من التكاليف .

* **تكلفة التشغيل والصيانة:** وتشمل عدداً من العناصر أهمها تكلفة أجور العاملين والوقود والكهرباء والمواد الكيميائية وقطع الغيار كاستبدال أغشية التناضح العكسي بالإضافة إلى المصاريف الإدارية .

وغالباً ما تشمل عقود مشاريع إنتاج مياه الشرب من مصادر المياه الجوفية في المملكة تكلفة إنشاء حقول الآبار وخطوط تجميعها بالإضافة إلى تكلفة محطات



شكل (١) مكونات نظام إمداد المدن بمياه الشرب .



● شكل (٢) عناصر تكلفة مشاريع مياه الشرب .

التنقية وخطوط نقل مياهها المنقاة للمناطق الحضرية كعقد مشروع محطة التنقية في عنيزة .

ويمكن حساب تكلفة إنتاج المتر المكعب من مياه الشرب كحاصل جمع التكلفة السنوية للتشغيل والصيانة والتكلفة الرأسمالية بعد تحويلها إلى تكلفة سنوية (يعبر عنها بتكلفة الأصول الرأسمالية طبقاً لمبادىء الاقتصاد الهندسي) وقسمة الناتج على كمية المياه التي يتم إنتاجها من محطة التنقية في السنة . وتتأثر تكلفة الأصول الرأسمالية بفرضيات العمر الاقتصادي لعناصر المشروع ومعدل الفائدة . ويعد تكلفة إنتاج المتر المكعب معياراً مهماً لقياس تكلفة مشاريع المياه وعاملاً رئيساً في تحديد سياسات تسعير المياه .

تكاليف محطات نموذجية مختارة

تختلف تكاليف محطات مياه الشرب باختلاف نوع المياه والمنطقة المنشأ بها المحطة . ويمكن ابراز نموذجي تلك التكاليف في المثالين التاليين :—

● محطة تنقية مياه جوفية في المملكة

يوضح الجدول (١) التكاليف التقديرية لأحد المشاريع النموذجية لإنتاج مياه الشرب من مصدر مياه جوفية عميقة قدرت ملوحتها بحوالي ١٣٠٠ جزء في المليون تقريباً ، حيث تم تصميم محطة التنقية بطاقة إنتاجية تقدر بحوالي ٥١ ألف متر مكعب يومياً ، وقدرت تكلفة إنشاء حقل الآبار المكون من عشرة آبار بحوالي ٢١,٨ مليون ريال . أما محطة التنقية المشتملة على عمليات التيسير والترشيح وإزالة الأملاح بالتناضح العكسي والكلورة وخزانات مياه الشرب ومحطة الضخ ومحطة توليد الطاقة الكهربائية ومباني الإدارة والمختبرات وورش الصيانة فقدرت تكاليفها بحوالي ١١٠ مليون ريال ، بينما قدرت تكلفة الخط الناقل للمياه إلى مشارف المدينة بطول ١٥ كيلومتر بحوالي ١١,٦ مليون ريال . من جانب آخر قدرت تكلفة التشغيل والصيانة بحوالي ١٠,٢ مليون ريال سنوياً بسعر الكهرباء المدعوم من قبل الدولة . وعليه فان تكلفة إنتاج المتر المكعب من المياه المنقاة في هذه المحطة تقدر بحوالي ١,٨٤ ريال لسعر الكهرباء غير المدعوم . وحوالي ١,٦ ريال للسعر المدعوم. مما يجدر ذكره أن هناك أيام مخصصة لصيانة الآبار وأن التكلفة الموضحة لاتشمل تكلفة توزيع المياه في شبكة التوزيع في المدينة المستفيدة .

العناصر	التكلفة *
أ– مصدر الماء	
تكلفة إنشاء حقل آبار مكون من عشرة آبار	٢١,٨
ب – محطة التنقية	
التيسير	٨,٧
الترشيح	٩,٩
التناضح العكسي	٤٣,١
التخلص من مياه الرجيع	١٠,٥
تخزين المياه المنقاه	٤,٣
محطة الضخ	٦,٣
محطة توليد الطاقة الكهربائية	١٢,٨
المباني	١٤,٧
إجمالي التكلفة	١١٠,٣
ج– خط نقل المياه من محطة التنقية	
تكلفة خط النقل بطول حوالي ١٥ كيلومترا	١١,٦
د – التكلفة الرأسمالية للمشروع	
إجمالي تكلفة الإنشاء (أ + ب + ج)	١٤٣,٧
التكلفة الرأسمالية التقديرية (١٢٠٪ تكلفة الإنشاء)	١٧٢,٤٤
استرجاع الأصول الرأسمالية سنوياً (٧٪ ، ٢٠ سنة)	١٦,٢٨
هـ – تكلفة التشغيل والصيانة	
التكلفة السنوية للتشغيل والصيانة بسعر الكهرباء المدعوم	١٠,٢
التكلفة السنوية للتشغيل والصيانة بسعر الكهرباء بدون دعم	١٤,٢٨
و – تكلفة انتاج المتر المكعب من الماء	
إجمالي التكلفة بدون دعم (مليون ريال سنوياً)	٣٠,٥٦
إجمالي التكلفة بالدعم (مليون ريال سنوياً)	٢٦,٤٨
انتاج المياه السنوي (مليون متر مكعب سنوياً)	١٦,٦٤
متوسط تكلفة الإنتاج بدون دعم (ريال /م٣)	١,٨٤
متوسط تكلفة الإنتاج بالدعم (ريال /م٣)	١,٥٩

* مليون ريال أو كما هو موضح.

● جدول (١) عناصر تكلفة مشروع نموذجي لإنتاج مياه شرب في المملكة

● محطة تنقية مياه جوفية بولاية فلوريدا

يوضح الجدول (٢) المعلومات المتعلقة بمحطة نموذجية بطاقة تصميمية حوالي ٤٥ ألف متر مكعب يومياً لإعذاب مياه جوفية تصل ملوحتها إلى ١٦٠٠ جزء في المليون باستخدام التناضح العكسي ، حيث قدرت تكلفة الإنتاج بحوالي ١,٢٠ ريال/م٣ من المياه .

وتجدر الملاحظة أن ارتفاع تكلفة الإنتاج في المحطة النموذجية في المملكة مقارنة بهذه المحطة يمكن أن يعزى للتكاليف الرأسمالية الإضافية لإنشاء وحدة تقطير مياه الرجيع وبحيرة التخلص من المياه العادمة في المحطة .

ويوضح الجدول (٢) أيضاً تكلفة إنتاج المياه بتحلية مياه البحر في محطة مقامة في ولاية فلوريدا على ساحل المحيط الأطلسي طاقتها التصميمية حوالي ٣٨ ألف متر مكعب يومياً ، حيث قدرت تكلفة الإنتاج بحوالي ٣,٨١ ريال/م٣ . وتجدر الإشارة إلى أن محطات إنتاج مياه البحر بالتناضح العكسي قد أضحت منذ منتصف التسعينات الميلادية منافساً للمحطات التي تستخدم التبخير الوميضي متعدد المراحل ، نتيجة لإنخفاض تكلفتها الرأسمالية وإنخفاض تكلفة إنتاج المتر المكعب من مياه الشرب فيها ،

عناصر التكلفة	مياه حوفية	مياه بحر
خصائص المشروع :		
السعة التصميمية (متر مكعب يومياً)	٤٥٥٠٠	٢٧٨٥٠
اجمالي الأملاح الذائبة (جزء في المليون)	١٦٠٠	٣٢٠٠٠
تقنية إزالة الملوحة	تناضح عكسي	تناضح عكسي
التكلفة الرأسمالية :		
إجمالي التكلفة الرأسمالية (مليون ريال)	٨٦,٩٤	١٨٦,٣٨
استرجاع الأصول الرأسمالية (مليون ريال سنوياً)	١٠,٠٧	١٧,٢٥
تكلفة التشغيل والصيانة :		
العمالة والصيانة (مليون ريال سنوياً)	٢,٧١	٦,٠٠
المواد الكيميائية والمستهلكات (مليون ريال سنوياً)	١,٢٢	٣,٣٨
استبدال أغشية التناضح العكسي (مليون ريال سنوياً)	١,١٣	٧,١٣
سعر الوقود والكهرباء (مليون ريال سنوياً)	٣,١٦	١٧,٢٥
إجمالي تكلفة التشغيل والصيانة (مليون ريال سنوياً)	٩,٢٢	٣٣,٧٦
تكلفة انتاج المتر المكعب من الماء		
إجمالي التكلفة السنوية (مليون ريال سنوياً)	١٩,٢٩	٥١,٠١
انتاج المياه السنوي (مليون ريال سنوياً)	١٦,١١	١٣,٤٠
متوسط تكلفة الإنتاج (ريال لكل متر مكعب)	١,٢٠	٣,٨١

● جدول (٢) تفاصيل تكاليف محطات نموذجية لإنتاج مياه الشرب

ويبين الشكل (٣) مقارنة لتكلفة الإنتاج في المشاريع الثلاثة المختارة .

العوامل المؤثرة على تكلفة الإنتاج

تعتمد تكلفة إنتاج المتر المكعب من مياه الشرب على العديد من العوامل التي قد تزيد التكلفة إلى أضعاف التكلفة في محطة أخرى ، ومن أهم هذه العوامل ما يلي :-

● نوعية ماء المصدر

تحدد نوعية الماء الخام عمليات التنقية المطلوبة ، وعموماً فكلما ارتفعت ملوحة الماء كلما ارتفعت التكلفة الرأسمالية وتكلفة التشغيل والصيانة وخاصة إستهلاك الطاقة الكهربائية ، وبالتالي تكلفة إنتاج المتر المكعب من مياه الشرب .

● تكلفة الطاقة الكهربائية

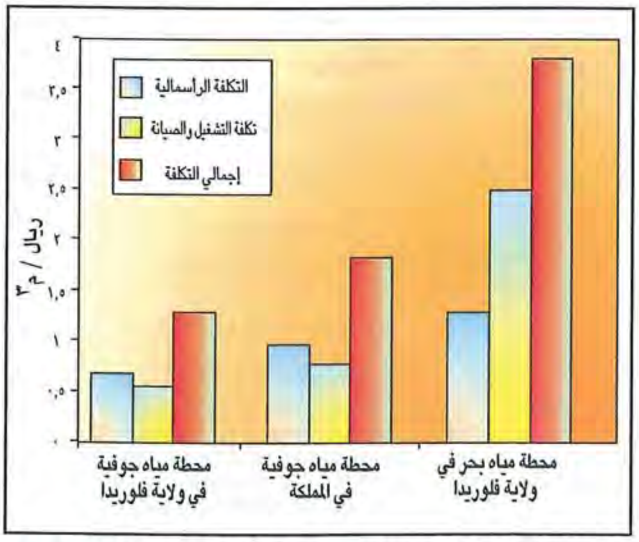
تعد تكلفة إستهلاك الطاقة الكهربائية من أهم العوامل في اختيار عمليات تنقية مياه الشرب وإعذابها ، وتجدر ملاحظة أن تكلفة إنتاج المياه تنخفض عند استخدام الوقود والكهرباء المدعومة من قبل الدولة تشجيعاً للقطاعات الصناعية في المملكة ، حيث تمثل هذه التكلفة نسبة لا تتجاوز حوالي ٢٠٪ من تكلفة الطاقة عند استخدام الأسعار العالمية .

● خصائص الموقع

يتم إنشاء بعض المحطات في مناطق نائية تتطلب توفير مرافق مساندة كمحطات توليد الطاقة الكهربائية وسكن العاملين مما يؤدي إلى زيادة تكاليف الإنشاء والتشغيل والصيانة ، كما يؤدي بعد مصدر الماء ومحطة التنقية عن مناطق التغذية إلى ارتفاع تكلفة خطوط نقل المياه ومحطات ضخها .

● حجم المشروع وإنتاجه الفعلي

يؤثر حجم المشروع على متوسط تكلفة الإنتاج ، فكلما زادت الطاقة التصميمية للإنتاج كلما انخفضت التكلفة طبقاً لقاعدة إقتصاديات الحجم ، وكلما اقترب الإنتاج الفعلي من الطاقة التصميمية كلما أدى ذلك إلى خفض تكلفة المتر المكعب من المياه الناتجة . فعلى سبيل المثال ، يقدر متوسط تكلفة إنتاج مياه التحلية في محطة الشقيق -١ التي تغذي بعض مدن عسير (طاقة المحطة الإنتاجية حوالي ٧٦ ألف متر مكعب يومياً) حوالي ٣,٩٦ ريال للمتر المكعب بينما يقدر متوسط التكلفة في محطة الجبيل -٢ التي تغذي مدينة الرياض (طاقة المحطة الإنتاجية حوالي ٨٠٦ ألف متر مكعب يومياً) حوالي ٣,٦١ ريال للمتر المكعب ، ولاتشمل التكلفة المقدرة تكاليف نقل المياه وتوزيعها على سكان هذه المدن .



● شكل (٣) تكلفة إنتاج المتر المكعب من مياه الشرب في محطات نموذجية .

الاستنتاجات

مما تقدم إيضاحه يمكن الوصول إلى الاستنتاجات التالية :

١- إن تكلفة إنتاج مياه الشرب من مصادر المياه الجوفية تقل عن تكلفة إنتاج مياه البحر المحلاة لنفس الطاقة التصميمية حتى ولو تم اعتبار تكاليف نقل المياه في حالة تزويد المدن الداخلية في المملكة بمياه الشرب .

٢- إن تكلفة إنتاج مياه الشرب من مشاريع المياه الجوفية أو مياه البحر غالباً ما تزيد عن ١,٨ ريال للمتر المكعب ويمكن أن ترتفع إلى أكثر من ١٠ ريال للمتر المكعب في المشاريع الصغيرة بأسعار الوقود والكهرباء المدعومة من قبل الدولة ودون اعتبار تكاليف نقل وتوزيع المياه .

٣- إن تعريفة استهلاك مياه الشرب في المملكة تبلغ حوالي ١٢,٥ هللة للمتر المكعب عندما لا يتجاوز الاستخدام ١٠٠ متر مكعب للوحدة السكنية تمثل عبئاً مالياً حيث أن هذه التعريفة لا تتجاوز حوالي ٥٪ من التكلفة الفعلية لإنتاج مياه الشرب بينما تتحمل الدولة باقي التكلفة ، مما يؤكد أهمية ترشيد استخدام مياه الشرب والمحافظة عليها وحسن استغلالها .

كتب صدرت حديثاً

نظم وعمليات الري السطحي

صدر هذا الكتاب عن مطابع جامعة الملك سعود عام ١٤١٨هـ، وقام بتأليفه **ملفن كي**، وترجمه إلى العربية **الدكتور فوزي سعيد ذيب، والدكتور أحمد إبراهيم العمود**، قسم الهندسة الزراعية، كلية الزراعة، جامعة الملك سعود.

يقع الكتاب في ٢٥١ صفحة من القطع المتوسط مقسمة إلى إثنى عشر فصلاً، وثبت المصطلحات، وكشاف الموضوعات. تناولت فصول الكتاب بالترتيب الموضوعات التالية: المقدمة، والهيدروليكا، والري بالأحواض، والري بالشرائح، والري بالخطوط، واختيار طريقة الري، وتهيئة الأرض، والقنوات المفتوحة، والمنشآت الهيدروليكية، وخطوط الأنابيب، والتشغيل، والصيانة.

التلوث البيئي
أسبابه، أخطاره .. مكافحته

صدرت الطبعة الأولى من هذا الكتاب عام ١٩٩٧م عند دار جفرا للدراسات والنشر، دمشق ـ سوريا وقام بتأليفه **الأستاذ الدكتور فؤاد الصالح**. تبلغ عدد صفحات الكتاب ٣٦٩ صفحة من الحجم المتوسط، مشتملة على مقدمة للمؤلف، وبابين، وملحقين، ومعجم لبعض المصطلحات العلمية.

قسم الباب الأول (مفهوم التلوث البيئي) إلى ثلاثة فصول هي: مقدمة عامة حول التلوث البيئي، والتلوث: تكاليفه ومعالجته والتشريعات الخاصة به، والطاقة في الأنظمة البيئية.

تناول الباب الثاني (التلوث الكيماوي للبيئة، والتلوث بالاشعاع وبالضوضاء) إحدى عشر فصلاً جاءت مرتبة كالتالي: تلوث الهواء ـ مقدمة عامة، وتلوث الهواء ـ دراسة مناخية وجوية، وتلوث الهواء بالاصدارات الصناعية، والتدخين وملوثات الهواء داخل المباني، وتلوث المياه، ومعالجة تلوث المياه، والتلوث بمبيدات الحشرات والحشائش، ومواد التنظيف الكيماوية والتلوث البيئي، والنفايات المنزلية والصناعية وطرق معالجته، والتلوث الاشعاعي، والتلوث بالضوضاء.

أمـــراض النســـاء

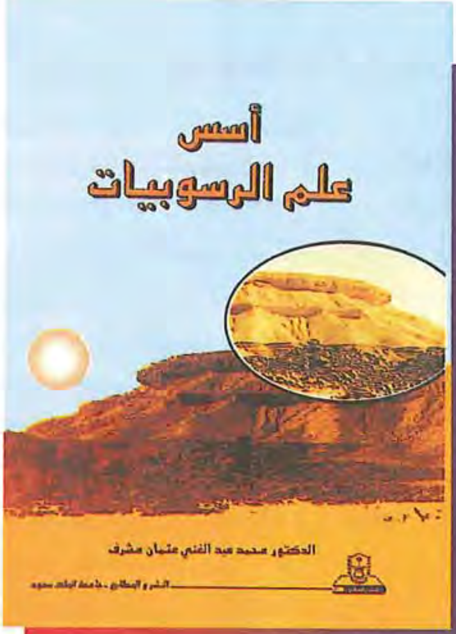
صدرت الطبعة الثانية من هذا الكتاب عام ١٤١٧هـ (١٩٩٧م) عن دار ابن كثير للطباعة والنشر والتوزيع، دمشق ـ بيروت. وقام بتأليفه **الدكتور محي الدين طالو العلبي**.

يقع الكتاب في ٧٥٠ صفحة من القطع المتوسط مقسمة إلى مقدمة للمؤلف، وتعريف الأمراض النسائية، وستة عشر فصلاً، ومعالجات موضوعية، والمصادر والمراجع العربية والأجنبية، ومن آثار المؤلف.

تناولت فصول الكتاب بالترتيب الموضوعات التالية: البنية التشريحية للجهاز التناسلي عند الإناث، والدورات الطمثية ووظيفة الجهاز التناسلي عند الإناث، والتطور الجنيني للجهاز التناسلي عند الاناث وشذوذاته، وتقرير الجنس وشذوذاته، والنمو والحياة الجنسية، وأهم الأعراض، واضطرابات الطمث، ومشكلات الإنجاب، والثدي، وأذيات الجهاز التناسلي، وتبدلات وضعية الجهاز التناسلي، وإنتانات الجهاز التناسلي عند المرأة، وداء البطانة الرحمية، والأورام، وأمراض المبيض، والمعالجة بالهرمونات الجنسية.

أسس علم الرسوبيات

عرض د. عبد العاطي أحمد الصادق



صدرت الطبعة الثانية من كتاب أسس علم الرسوبيات لمؤلفه د. محمد بن عبد الغني عثمان مشرف سنة ١٤١٧هـ عن مطابع جامعة الملك سعود، وقد نال المؤلف على الطبعة الأولى من هذا الكتاب جائزة مؤسسة الكويت للتقدم العلمي في حقل التأليف وذلك في المعرض الحادي عشر للكتاب العربي في الكويت لعام ١٩٨٨م.

يقع الكتاب في سبعمائة وعشر صفحة مقسمة إلى ثمانية فصول بالإضافة إلى المراجع العربية وثبت المصطلحات العلمية، وكشاف الموضوعات.

خصص المؤلف **الفصل الأول** للتعريف بعلم الرسوبيات وعلاقته بالعلوم الأخرى حيث أشار إلى أن هذا العلم يعنى بدراسة جميع أنواع الرواسب ذات النشأة الفتاتية والكيميائية من حيث وصفها وخصائصها ومعرفة بيئات ترسيبها، إضافة إلى أن لعلم الرسوبيات علاقة متينة بالعلوم الأساسية الأخرى مثل علوم الإحياء والفيزياء والكيمياء. كما أوضح المؤلف في هذا الفصل أنه كان لعلم الرسوبيات نصيب عند العلماء المسلمين، منهم **محمد الكرخي** الذي أوضح فكرة التوازن الأراضي، وأشار إلى الدورة التضاريسية، **وأبو الريحان البيروني** الذي يعد من أعظم العلماء الذين أسهموا في تطور الفكر الجيولوجي، وقام بالربط بين المعرفة النظرية والمعرفة العلمية لفكرة تبادل اليابس والماء، **وأبو علي الحسن ابن سينا** الذي يعد مؤسس علم الأرض، وله بعض الأبحاث العلمية المتعلقة بالأرض والكون، كما أن له مجموعة من النصوص التي تضيف الكثير من حيث انتقال اليابس والماء، ويؤكد **ابن سينا** في جميع كتاباته على عنصر الزمن.

تناول المؤلف في **الفصل الثاني** الخصائص الطبيعية للحبيبات من حيث الحجم، والشكل، والترتيب الداخلي للحبيبات، والنسيج. كما أورد المؤلف طرق القياس الحجمي الحبيبي، وطريقة عرض نتائج التحليل الحجمي بيانياً باستخدام المدرج التكراري، ومنحنيات التواتر، ومنحنيات التراكم، كما عرّف المؤلف في هذا الفصل مصطلحي النفاذية والمسامية، كما تطرق إلى تقسيم المسامية إلى مسامية أولية، وهي التي وجدت أثناء استقرار الرواسب في حوض الترسيب، ومسامية ثانوية وهي التي تتكون نتيجة التغيرات المتأخرة التي تتعرض لها معظم الرواسب، ويتم ذلك بوساطة المحاليل، والتفاعلات الكيميائية أو التكسرات الميكانيكية، وموضحاً أن المسامية بنوعيها الأولية والثانوية تلعب دوراً هاماً في تراكم الزيت، والغاز الطبيعي، والماء في المسامات بين حبيبات الرواسب المختلفة.

خصص المؤلف **الفصل الثالث** لموضوع التجوية حيث بدأه بتعريف التجويه، بأنها تفتت الصخر نتيجة لعوامل التعرية المختلفة مثل الرياح والأمطار ... إلخ. ثم تحدث عن الدورة الرسوبية التي تتألف بشكل عام من مراحل التجوية وهي الحت، والانتقال، والترسيب، والتصحر، وارتفاع الصخور أو دفعها إلى أعلى (أي فوق سطح الأرض) ثم التجوية مرة ثانية.

ويذكر المؤلف ان الدورة الرسوبية تبدأ بتجوية منكشفات الصخر أو صخور القشرة الأرضية تحت حرارة عادية وضغط طبيعي، مع توفر عنصري الماء والهواء. وتتم عملية التجوية إما فيزيائياً عن طريق تكسير وتفتيت الصخر ميكانيكياً، أو كيميائياً عن طريق أكسدة وإذابة مكونات معادن الصخر، ثم ناقش المؤلف باستفاضة أنواع التجوية المختلفة.

تناول **الفصل الرابع** النقل والترسيب، موضحاً أن الجسم يصبح راسباً بعد انتهاء حركته من مكانه الأصلي وترسبه وتبدأ حركة فتات الرواسب منذ لحظة انفصالها من الصخر الأم، ثم تتعرض إلى تغيرات فيزيائية وكيميائية أثناء النقل، وأجمل المؤلف وسائل النقل في خمسة عوامل هي الماء، والهواء، وزحف الجليد، والجاذبية، وحركة الحيوانات. وأضاف المؤلف أن الترسيب يعني استقرار الجسيمات الصلبة في سائب أو مائع وتحكم قوانين الفيزياء طرق نقل وترسيب الرواسب، كما شرح المؤلف العمليات المختلفة للنقل والترسيب.

تناول **الفصل الخامس** البنيات الرسوبية. وقد بدأه المؤلف بمقدمة شرح فيها مصطلح البنيات الرسوبية، وأنها

تظهر في الصخور الرسوبية بسبب الاختلافات الموضعية في المكونات المعدنية، أوعن طريق وضع وترتيب الحبيبات في صخر الطبقة أو ما يسمى بالطراز أو النسيج الحبيبي، كما تدرس البنيات الرسوبية على عينات لب الصخر تحت السطحية والتي تستخرج باستخدام المثقاب الميكانيكي.

تطرق المؤلف بعد ذلك إلى تصنيف البنيات الرسوبية، وذكر أنها تُصنّف بشكل عام إلى بنيات رسوبية أولية، وبنيات رسوبية ثانوية، حيث تتشكل البينات الرسوبية الأولية نتيجة العمليات الفيزيائية ومن أمثلتها التطبق، وعدم التطبق، والتطبق المتقاطع، والترقق المتقاطع، وعلامات النيم، والتطبق المتدرج. أما البنيات الرسوبية الثانوية فتتشكل بعد استقرار الراسب وانتهاء عملية الترسيب، وتتكون نتيجة العمليات الكيميائية المابَعْدِّية النشأة، ومن أمثلتها الدرنات والعُقيْدَات، ومخروط في مخروط، والدرنات الشعاعية، والزوائد الصخرية وغيرها.

وللبنيات الرسوبية الأولية أهمية عظمى عند علماء الرسوبيات، حيث تقود دراستها إلى التعرف على الظروف السائدة أثناء فترة الترسيب، ومن ثم استنتاج بيئة أو بيئات الترسيب التي تشكل جزءاً هاماً بالنسبة لوصف سحنات الوحدات الرسوبية.

جاء **الفصل السادس** تحت عنوان الرواسب المجلوبة النشأة. وذكر المؤلف في مقدمته لهذا الفصل أن الصخور الرسوبية تغطي حوالي ٨٠٪ من القشرة الأرضية، وتعتمد دراسة علم الطبقات وعلم الجيولوجيا البنائية على الصخور الرسوبية أساساً، كما تحتوى الصخور الرسوبية على نسب عالية جداً من الخامات ذات القيمة الاقتصادية مثل النفط، والغاز الطبيعي، والفحم الحجري، والكبريت، والبوتاسيوم، والجبس، وحجر الجير، والفوسفات، واليورانيوم، والحديد، والمنجنيز، بالإضافة للمواد المستعملة في أغراض البناء مثل الرمال وأحجار البناء وخامات الأسمنت وطين الخزف.

تطرق المؤلف بعد ذلك للحديث عن مكونات الصخور الرسوبية موضحاً أنها تتكون بشكل أساس من ثلاثة مكونات هي مكونات رواسب أرضية، ومكونات كيميائية غير نقية (غير عادية)، ومكونات كيميائية نقية (عادية)، ثم تناول المؤلف أصناف الرواسب وأشار إلى أنها تتمثل في خمس أصناف بيئية هي الرواسب الكيميائية، والرواسب العضوية، والرواسب الأرضية، والرواسب الفتاتية النارية، والرواسب المتخلفة أو المتبقية، وأبرز المؤلف هذه الأصناف الخمسة في قسمين رئيسيين هما الرواسب المجلوبة النشأة (رواسب منقولة إلى حوض الترسيب) وتشتمل على رواسب قارية (طين، فتات سيليكا الرمل ومدَمْلكات)، ورواسب فتات ناري (رماد، طف، فتات رمل ناري، أرضية نارية)، والرواسب الحوضية النشأة (تشكلت داخل أحواض الترسيب) وتشتمل على رواسب كيميائية (متبخرات، جبس، صخر الملح، انهيدريت)، ورواسب عضوية (فحم حجري، أحجار الجير)، ورواسب متخلفة أو متبقية (صخور اللاتريت والبوكسيت ...... إلخ).

ناقش المؤلف باستفاضة التصنيف التفصيلي للرواسب مجلوبة النشأة مستخدماً مناهج مختلفة مثل منهاج المثلث متساوي الأضلاع حيث تُقسم الرواسب المنقولة طبقاً لحجم الحبيبات والتركيب المعدني لها، و منهاج تقسيم الرواسب المفككة باستخدام نسب نظام رؤوس المثلث متساوي الأضلاع اعتماداً على حجم الحبيبات فقط.

انتقل المؤلف بعد ذلك للحديث عن أنواع الرواسب مجلوبة النشأة، بادئاً بصخور الطين، ثم أحجار الرمل بأنواعها المختلفة، ثم صخور الحصى، ومنتهياً بصخور الفتات الناري.

تضمن **الفصل السابع** وصف وتصنيف الرواسب حوضية النشأة، والتي تعرف كذلك بالرواسب الكيميائية أو المتكونة داخل أحواض الترسيب، وتطرق المؤلف إلى كيفية تكوين هذه الرواسب مشيراً إلى أن محاليل التجوية تشكل أهم وأعم كميات الرواسب الكيميائية، حيث تتمثل تلك المحاليل في كل من مركبات أيونات الكربونات، والكبريتات، وكاتيون الكالسيوم التي تحملها مياه الأنهار بشكل واسع.

انتقل المؤلف بعد ذلك للحديث عن أنواع الصخور الكيميائية الرئيسية والتي تشتمل على ستة أنواع من الصخور هي صخور الكربونات (أحجار الجير، دلوميت)، وصخور المتبخرات أو البخر (جبس / إنهيدريت، هاليت / صخر الملح، و أملاح البوتاسيوم ... الخ)، والصخور السيليكونية، وصخور الفوسفات، وأحجار حديد رسوبية، والصخور المتكربنة. ثم قدم المؤلف شرحاً إضافياً للعمليات التي تُكَون كل صنف من أصناف الصخور المذكورة أعلاه التي تتكون منها تلك الصخور.

أفرد المؤلف **الفصل الثامن** والأخير للسحنات والبيئات الرسوبية حيث تم تناولها باسهاب مع الالتزام بالحدود التي رسمها للكتاب، و هو أن يكون في خدمة طالب المرحلة الجامعية. وقد بدأ المؤلف هذه الفصل بتعريف كل من البيئة الرسوبية والسحنة حيث أشار إلى أن البيئة الرسوبية هي ذلك الجزء من سطح الأرض الذي يمكن تميزه من الأجزاء المجاورة بناء على الاختلافات في مجموع ظروف المتغيرات الطبيعية والكيميائية والحيوية التي ترسب تحتها الراسب ويتأثر بها، حيث أن هناك علاقة وطيدة بين بيئة الترسيب وطبيعة الراسب المترسب فيها، بينما عَرف السحنة بأنها ذلك الجزء الصخري لوحدة طبقية تُظْهر خواصاً تختلف بشكل كبير عن بقيةً أجزاء تلك الوحدة الطبيعية.

إنتقل المؤلف بعد ذلك للحديث عن دراسات البيئات الرسوبية، وأشار إلى أنه يلزم لذلك معرفة عاملين بيئيين هما : العمليات الفيزيائية والكيميائية والحيوية التي حدثت في البيئة، ونوعية الرواسب الرسوبية التي شكلت في هذه البيئة أو تحت هذه الظروف، وهذا بدوره يتطلب

معرفة شيئين هما : حجم وشكل واتساع مساحة جسم الراسب (السحنة) ، ومعرفة كل من التكوين المعدني والنسيج الصخري والبنيات الرسوبية الموجودة في الراسب يضاف إلى ذلك معرفة التغيرات التي تطرأ على هذه السحن الرسوبية .

ذكر المؤلف أن البيئات الرسوبية تصنف إلى ثلاثة أنواع رئيسة هي البيئات القارية وتشتمل على بيئات صحراوية وبيئات نهرية ، وبيئات بحيرية وبيئات ثلجية ، والبيئات الانتقالية (الشاطئية البحرية) وتضم بيئات الدلتا وبيئات الحواجز الرملية ، والبيئات البحرية وتشتمل على بيئات الأرصفة القارية وبيئات شعابية وبيئات العكر وبيئات لُجِّيَّة ، ثم قدم المؤلف وصفاً شاملاً لكل من هذه البيئات .

تضمن **الجزء الأخير** من هذا الكتاب سرداً للمراجع العربية والأجنبية وثبتاً للمصطلحات العلمية (عربي - إنجليزي ، وإنجليزي - عربي) وكشافاً للموضوعات.

من خلال استعراض هذا الكتاب يتضح جلياً الجهد الكبير الذي بذله المؤلف لاخراج مرجع رئيسي وشامل في علم الرسوبيات ، كما كُتب الكتاب بأسلوب علمي واضح مدعوماً باشكال بلغت في مجملها ١٩٤ شكلاً ، وجداول وصل عددها إلى الثلاث وثلاثين جدولاً ، كما ضم الكتاب صوراً من المنطقة العربية . وقد انعكس ذلك في الإقبال الكبير من المهتمين لاقتناء هذا السفر الهام حيث نفذت الطبعة الأولى منه في وقت قصير .

وحرص المؤلف في **الطبعة الثانية** للكتاب أن يكون الكتاب أكثر شمولاً ، كما استشهد بنتائج الأبحاث التي تحققت في السنوات الأخيرة ، مما أدى إلى إضافة مراجع إضافية تساعد الباحثين في الاستزادة من علم الرسوبيات ، أضاف المؤلف مواضيع جديدة للكتاب في هذه الطبعة مثل دراسة « معادن أحجار الرمل تحت المجهر » ، كما وزودت الطبعة بأجزاء جديدة في فصل بيئات الترسيب ، وفي موضوعات رواسب الحمل المذاب والنقل والترسيب الكيميائي .

دعوة ترشيح لجائزة

مكتب التربية العربي لدول الخليج في مجال البحوث التربوية

انطلاقاً من مهام مكتب التربية العربي لدول الخليج والمتمثلة في خدمة الأهداف التربوية والعلمية والثقافية في نطاق الدول الأعضاء بالمكتب وتطويرها ، وتشجيعاً للعمل البحثي والإنتاج العلمي في المجال التربوي ، وإثراء للحركة الفكرية ، ورعاية الإبداع والمبدعين من أبناء المنطقة ، وتقديرهم مادياً ومعنوياً ، وحفزاً للباحثين على إنتاج أعمال متميزة تخدم التربية .

يسر مكتب التربية العربي لدول الخليج أن يعلن عن جائزة المكتب للإنتاج العلمي في مجال البحوث التربوية ، وفقاً لما يلي :

أولاً : شروط التقدم للجائزة

١ـ أن يكون المرشح من مواطني الدول الأعضاء بالمكتب .

٢ـ ألا يكون المرشح قد نال جائزة عن الإنتاج المقدم ، أو حصل به على شهادة علمية (ماجستير / دكتوراه) .

٣ـ يمكن قبول العمل المشترك من قبل المؤلفين أنفسهم إذا كانوا من مواطني الدول الأعضاء .

٤ـ يقبل تقديم البحث للمكتب مباشرة من قبل المؤلف نفسه ، أو بترشيح من إحدى المؤسسات العلمية .

٥ـ أن يكون البحث المقدم يمثل نظرية تعليمية تربوية ، أو مساهمة مبتكرة في مجال البحث التربوي ، أو يكون تحقيقاً علمياً مكتوباً باللغة العربية الفصحى لأحد مصادر التراث التربوي العربي الإسلامي .

٦ـ في حالة تقديم بحث منشور بغير اللغة العربية يجب أن يرفق معه مستخلص باللغة العربية .

٧ـ أن يكون البحث المقدم ملتزماً بالمنهج العلمي .

٨ـ أن يكون البحث المقدم منشوراً وفق قواعد النشر العلمي وأصوله أو مقبولاً للنشر بتأكيد من مؤسسة أو هيئة علمية معترف بها، ويمكن قبول الأعمال غير المنشورة إذا حظيت بتزكية من مؤسسة أو هيئة علمية متخصصة في مجال العمل المقدم .

٩ـ يمكن قبول البحوث المترجمة المتميزة التي تخدم الثقافة والتربية والتعليم في منطقة الخليج العربي مع تقديم دراسة تحليلية وتقويمية للعمل ومدى الاستفادة منه في دول المنطقة ، ولم تتجاوز طبعته الأولى في لغته الأصلية خمس سنوات من نشر الإعلان .

ثانياً : إجراءات التقديم

أن تكون طلبات الترشيح مصحوبة بما يلي :

١ـ عشر نسخ من البحث المرشح للجائزة ، ولا يعاد البحث سواء أفاز المرشح أو لم يفز ، وبالنسبة للمترجم فيرفق نسخة من الأصل المترجم عنه .

٢ـ بيان تفصيلي عن حياة المرشح العلمية والشخصية ومؤلفاته المنشورة .

٣ـ ثلاث صور فوتوغرافية للمرشح .

٤ـ العنوان البريدي للمرشح ورقم هاتفه .

٥ـ توجه طلبات الترشيح إلى :

المدير العام لمكتب التربية العربي لدول الخليج

ص. ب ٩٤٦٩٣ الرياض ١١٦١٤

المملكة العربية السعودية

على أن تصل طلبات الترشيح إلى المكتب في موعد لا يتجاوز يوم **الأربعاء ٤/١٢/١٤١٨ هـ ، الموافق ١/٤/١٩٩٨م .**

وقد أسند المكتب مسؤولية اختيار الفائزين إلى لجنة من علماء ومفكري المنطقة، تقوم بدراسة الأعمال المقدمة ودراسة آراء المختصين في موضوعاتها ، وتمنح جائزة المكتب وقدرها (١٠٠,٠٠٠) مائة ألف ريال سعودي وشهادة منح الجائزة للعمل الفائز ، ويمكن منح الجائزة مناصفة لعملين فائزين .

والله الموفق ،،،

من أجل فلذات أكبادنا

ترشيح المياه

يحصل الناس في كثير من دول العالم على المياه من الأنهار أو من الأمطار ، وفي بلدان أخرى يحصلون عليها من المياه الجوفية المحتجزة بين الصخور ، حيث يمكن ضخها إلى السطح . يستهلك البشر الذين يعيشون في المدن كميات كبيرة من المياه . وقد تجلب هذه المياه من الأنهار القريبة وتخزن في بحيرات صناعية ضخمة يطلق عليها الخزانات أو الصهاريج .

كثير من المياه غير صالحة للشرب مباشرة من الصهاريج أو من المصادر الأخرى لإحتوائها على مواد ضارة بالإنسان، لذا فهي تضخ إلى وحدات التنقية حيث يتم إزالة المواد العالقة من نباتات وتربة وغيرها بواسطة عملية تسمى الترشيح ، وفي الوقت نفسه يضاف إليها كميات قليلة من غاز الكلور للقضاء على البكتيريا الضارة، ثم بعد ذلك يمكن ضخها في الشبكات العامة لتوزيع المياه داخل المدن .

يسرنا في هذا العدد أن نقدم لفلذات أكبادنا تجربة مبسطة توضح كيفية تقنية المياه بطريقة الترشيح .

● الأدوات

مقص ، قطن ، كأس ، قطع صغيرة من البلور الصخري ، حصباء ، رمل ، ماء ، إبريق صغير ، ملعقة شاي ، تربة ، جرة بلاستيكية .

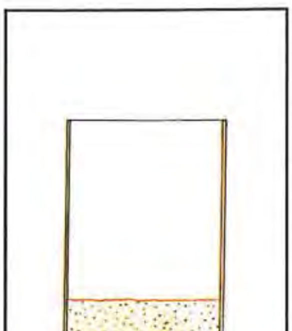
● خطوات العمل

١ـ قُص الجزء السفلي للجرة البلاستيكية.

٢ـ ضع كمية من القطن في عنق الجرة ثم إقلبها على الكأس .

٣ـ ضع طبقات صغيرة من كل البلور الصخري، والحصباء ، والرمل على التوالي شكل (١) .

٤ـ صب بعض الماء في الإبريق ، وأضف إليه ملعقتين من التربة ، ثم حركه.



شكل (١)

شكل (٢)

● المشاهدة

نشاهد عند صب مخلوط الماء والتربة على طبقة الرمل في الجرة البلاستيكية نزول قطرات من الماء الصافي من فوهة الجرة وتجمعها في الكأس ، شكل (٢) .

● الإستنتاج

نستنتج أن مرور الماء من خلال الطبقات المختلفة من الرمل والحصباء والبلور الصخري والقطن أدى إلى تنقية الماء من الشوائب .

ملاحظة هامة

الماء الناتج من هذه التجربة قد لايكون صالحاً للشرب مباشرة فقد يحتوي على الأملاح الذائبة وبعض الجراثيم والميكروبات الضارة التي لا يتم حجزها بالترشيح .

المصدر :

Young Scientist No.2 All About Water p.17

كيف تعمل الأشياء

أجهزة الليزر

إعداد : د. عطية بن علي الغامدي

٦ـ هولوغرافيا الليزر

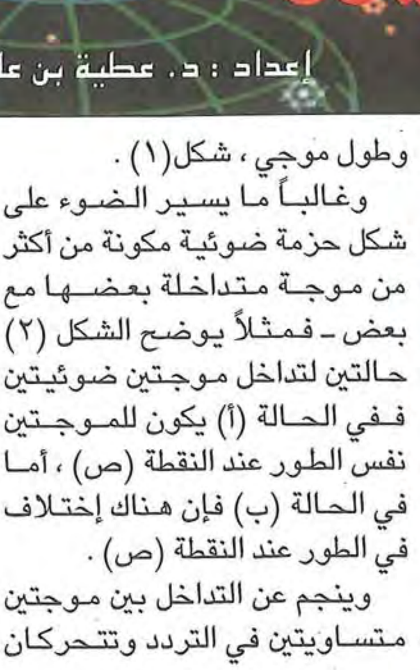
الهولوغرافيا (Holography) مصطلح يتكون من كلمتي هولوس (Holos) وتعني « الكامل » وغراف (Graph) وتعني « صورة » وبذلك فإن هولوغرافيا تعني الصورة الكاملة أو الصورة المجسمة ثلاثية الأبعاد .

يختلف التصوير الهولوغرافي عن التصوير الضوئي في أن التصوير الضوئي يسجل درجات شدة الضوء وتستخدم فيه العدسات ، أما التصوير الهولوغرافي فلا تستخدم فيه العدسات ويتميز عن التصوير الضوئي بأنه تسجل فيه الأطوار الضوئية (Light Phases) بالاضافة إلى شدة الضوء ، وبذلك ينتج عنه صور مجسمة ثلاثية الأبعاد .

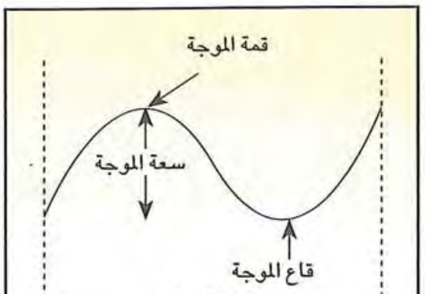
نظرية التصوير الهولوغرافي

يعتمد التصوير الهولوغرافي على التداخل بين الموجات . فمن المعلوم أن الضوء عبارة عن موجات كهرومغناطيسية تسير بسرعة ٣×١٠^٨ متر في الثانية ، حيث تتكون الموجة من فتحة ، وقاع ، وسعة ، وطول موجي ، شكل(١) .

وغالباً ما يسير الضوء على شكل حزمة ضوئية مكونة من أكثر من موجة متداخلة بعضها مع بعض ـ فمثلاً يوضح الشكل (٢) حالتين لتداخل موجتين ضوئيتين ففي الحالة (أ) يكون للموجتين نفس الطور عند النقطة (ص) ، أما في الحالة (ب) فإن هناك إختلاف في الطور عند النقطة (ص) .



● شكل (١) مكونات الموجة الضوئية



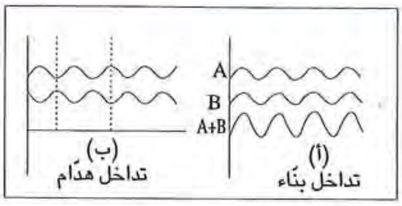
● شكل (٢) الفرق في الطور بين موجتين

وينجم عن التداخل بين موجتين متساويتين في التردد وتتحركان في نفس الاتجاه وبنفس السرعة اختلاف في قمة الموجة الناتجة . فمثلاً يوضح الشكل (٣ـأ) أن الموجتين (A) و (B) لهما نفس الطور ، ولذلك فإن قمة الموجة الناتجة (A+B) تساوي مجموع قمة الموجة (A) مع قمة الموجة (B) ، وتسمي هذه الحالة التي جُمعت فيها موجتان بحيث تقوي كل منهما الأخرى بالتداخل البنّاء ، من جانب آخر يوضح الشكل (٣ـ ب) أن تحويل مصدر الموجة (B) بمقدار نصف موجة عن الموجة (A) ينجم عنه تلاشي الموجة الناتجة (A+B) فيما يسمى بالتداخل الهدام .

ظهور أول هولوغرام

استطاع العالم الهنغاري **دينيس جابور** (Dennis Gobor) تكوين أول صورة مجسمة عام ١٩٤٧ ببريطانيا ، مما مكنه من احراز جائزة نوبل .

وقد استخدم **جابور** آنذاك مصباحاً زئبقياً كمصدر لضوء مترابط ، وقام بتسليطه على شريحة زجاجية ، وطبع عليها بعض الأسماء فكانت النتيجة نفاذ معظم الضوء من خلال الشريحة



● شكل (٣) التداخل بين موجتين متماثلتين

دون حدوث تغير في طبيعته ، إلا أن الضوء يتشتت عند اصطدامه بالحروف المطبوعة . وقد تكّون جزء من الضوء المثبت على شكل مجسم ظهر على لوحة فوتوغرافية موضوعة بالقرب من الشريحة الزجاجية وذلك بسبب أن التشتت نجم عنه تداخل بين الموجات حيث أن بعضها سبق الآخر ، شكل (٤) .

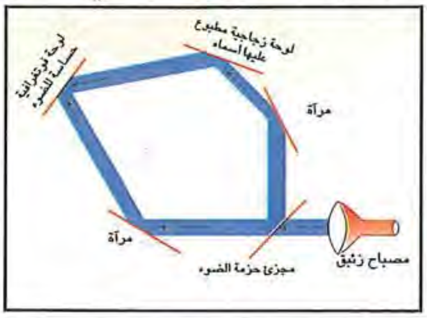
طريقة عمل هولوغرافيا الليزر

قام الباحثان إيميت ليث (Emmel Leith) وجوريس يوبتنكس (Juris Uptaneiks) بتطوير فكرة الهولوغراف في الستينات باستخدام أشعة الليزر .

تقوم فكرة هولوغرافيا الليزر ، شكل (٥) بتجزئة شعاع ليزر مترابط إلى جزئين بوساطة زجاجة فالقة للاشعة هما :

حزمة الإسناد (Refrence beam) :- وتنتشر بواسطة عدسة خلف اللوح الفوتوغرافي الحساس .

حزمة الإشارة (Signal beam) :- وتعمل على إضاءة الجسم من الأمام لتنعكس الأشعة الليزرية من الجسم إلى اللوح الفوتغرافي لتمزج



● شكل (٤) طريقة تكوين أول صورة مجسمة باستخدام مصباح زئبق

مع الأشعة الليزرية من الجسم إلى اللوح الفوتوغرافي لتمتزج مع حزمة الإسناد في تداخل ينجم عنه صورة هولوغرافية على اللوحة .

ومن الملاحظ أن الرسوم المجسمة في هذه الحالة يلزم لتكوينها مجموعة من العدسات والمرايا التي تستخدم لتوجيه أشعة الليزر وتركيزها على اللوح الفوتوغرافي الحساس وهو عبارة عن صفيحة مغطاة بمستحلب كيميائي حساس للضوء ، فيتم طبع صورة الجسم عند تعرض اللوح إلى كل من أشعة الليزر الصادرة والأشعة المنعكسة والتقائهما لتكوين صورة ثلاثية الأبعاد ، وذلك بسبب التداخل في الأطوار بين حزمة الإسناد وحزمة الإشارة الذي ينجم عنه إما :-

١- تداخل بنّاء عندما تكون الموجات متشابهة الطور .

٢- تداخل هدام عندما تكون الموجات مختلفة الطور .

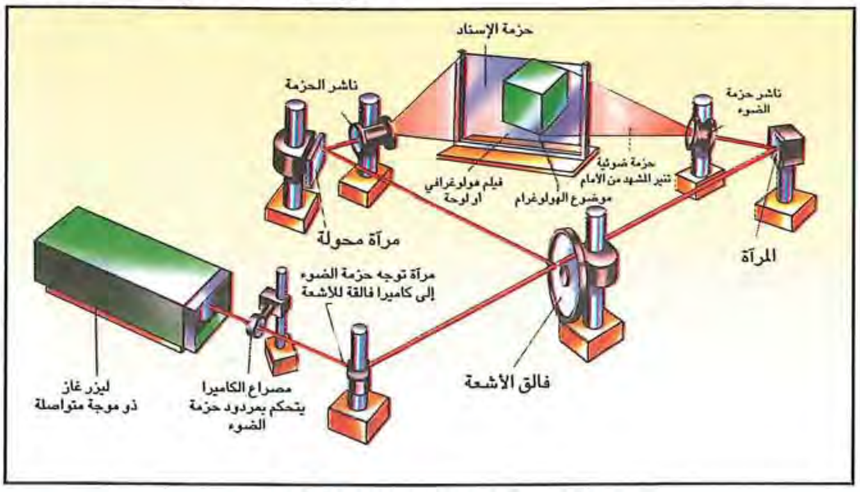
واستناداً على ذلك يمكن إحتواء جميع التفاصيل بين أي نقطتين متباعدتين بعضهما عن بعض للحصول على تفاصيل العمق (التجسيم) ، وبذلك فإن الموجات التي تصل إلى اللوح الفوتوغرافي عند نقاط معينة غير متباينة بالزمن ولكنها تؤدي إلى صورة موجات جامدة (Standing Waves) يتم تسجيلها على اللوح .

تطبيقات هولوغرافيا الليزر

تدخل هولوغرافيا الليزر في تطبيقات عديدة منها استخدامها كتدبير وقائي لمنع نسخ الأعمال الأصلية (تقليدها) ، كما في حالة بطاقات الإئتمان مثل الطير الظاهر في بطاقة الإئتمان بالشكل (٦).

كذلك تستخدم هولوغرافيا الليزر في تسجيل صور ثلاثية الأبعاد (مجسمة) ، وفي خزن المعلومات بواسطة التصوير المجسم ، كما تدخل في كافة المجالات الصناعية ومجال السينما والفن .

● شكل (٦) إحدى بطاقات الائتمان التي تستخدم فيها هولوغرافيا الليزر



● شكل (٥) الفكرة العامة لهولوغرافيا الليزر

مساحة للتفكير

مسابقة العدد

المربع العجيب

لدينا مربع كبير مقسم إلى تسعة مربعات صغيرة ، كما في الشكل ، كيف يمكننا أن نضع الأرقام من ١ ـ ٩ في المربعات الصغيرة ، بحيث يكون مجموع الأرقام في أي مربعات أفقية أو رأسية متساوي . وما هو هذا المجموع ؟

أعزاءنا القراء

إذا استطعتم معرفة الإجابة على مسابقة « **المربع العجيب** » فأرسلوا إجاباتكم على عنوان المجلة مع التقيد بما يأتي : ـ

١ ـ ترفق طريقة الحل مع الإجابة .

٢ ـ تكتب الإجابة وطريقة الحل بشكل واضح ومقروء .

٣ ـ يوضع عنوان المرسل كاملاً .

سوف يتم السحب على الإجابات الصحيحة التي تحتوي على طريقة الحل ، وسيمنح ثلاثة من أصحاب الإجابة الصحيحة جوائز قيمة ، كما سيتم نشر أسمائهم مع الحل في العدد المقبل إن شاء الله .

حل مسابقة العدد الثالث والأربعين

الأبواب والمفاتيح

من المعطيات السابقة أن هناك عشرة أبواب حيث أن عدد الغرف عشر ولكل غرفة مفتاح ، ولذلك فإن عدد المفاتيح عشرة .

لنبدأ بالغرفة الأولى سيكون لدينا عشرة مفاتيح إحداها يفتح هذه الغرفة لذلك سيكون أكبر عدد من المحاولات لفتح الغرفة أن يجرب المفاتيح العشرة وسيكون هناك تسع محاولات .

* ولذلك فإن أكبر عدد من المحاولات لفتح الباب الأول هو تسع محاولات .

* الباب الثاني سيكون ثمان محاولات .
* الباب الثالث سبع محاولات .
* الباب الرابع ست محاولات .
* الباب الخامس خمس محاولات .
* الباب السادس أربع محاولات .
* الباب السابع ثلاث محاولات .
* الباب الثامن محاولتان .
* الباب التاسع محاولة واحدة .
* الباب العاشر صفر .

أعزاءنا القراء

تلقت المجلة العديد من الرسائل التي تحمل حل مسابقة **العدد الثالث والأربعين « الأبواب والمفاتيح »** ، وقد تم استبعاد جميع الحلول التي لم تستوف شروط المسابقة ، وكذلك الرسائل التي وصلت متأخرة عن الموعد المحدد . وبعد فرز الحلول وإجراء القرعة على الحلول الصحيحة فاز كل من : -

١- سليمان صالح البصيلي ص.ب ١٠٦٣١٢ الرياض ١١٦٦٦ .

٢- علاء مختار عبد الجواد ص.ب ٥٥٢٠٢ الرياض ١١٥٣٤ .

٣- فهد خميس محمد الغامدي ص.ب ٥٦٥ الباحة .

ويسعدنا أن نقدم للفائزين هدايا قيمة ، سيتم إرسالها لهم على عناوينهم ، كما نتمنى لمن لم يحالفهم الحظ ، حظاً وافراً في مسابقات الأعداد القادمة .

مصطلحات علمية (*)

*** النوعية الجمالية للمياه**

Aesthetic Quality

طعم المياه، ولونها، ورائحتها، ودرجة عسرها، وتركيز كل من عنصري الكالسيوم والمغنيسيوم .

*** القلوية** **Alkalinity**

مجموع تركيز أيونات الكربونات والبيكربونات في المياه، وتقاس بالملجم مكافئ/لتر كربونات الكالسيوم .

*** حجم المهاد** **Bed Volume**

حجم المياه المعالجة والمكافئة لحجم وسط المعالجة متضمناً حجم الفجوات بين حبيباته .

*** مياه متوسطة الملوحة**

Brackish Water

مياه تتراوح ملوحتها بين ٣٠٠٠ إلى ٣٠,٠٠٠ ملجم/لتر .

*** محلول شديد الملوحة**

Brine Solution

محلول تزيد ملوحته عن ٣٠,٠٠٠ ملجم/لتر، وينتج عن عملية إعادة تنشيط راتنج تبادل أيوني موجب شديد الحامضية على صورة الصوديوم .

*** إزالة المعادن** **Demineralization**

معالجة المياه بالتبادل الأيوني السالب أو الموجب أو بالتناضح العكسي للحصول على مياه ذات نوعية معينة يمكن استخدامها في التحاليل الكيميائية أو بعض الصناعات الخاصة .

*** تجريع** **Dosing**

إضافة مواد كيميائية إلى المياه المطلوب تنقيتها، تحت تراكيز معينة، وعلى فترات دورية منتظمة .

*** ديلزة متعاكسة**

Electrodialysis Reversal (EDR)

معالجة المياه متوسطة الملوحة، وتحويلها إلى مياه صالحة للشرب، أو تحلية وتركز مياه فائض عمليات المعالجة لإعادة استخدامها، بالاتزان الكهربائي عن طريق عكس قطبية الأقطاب الكهربائية على فترات دورية معينة تؤدي إلى عكس اتجاه حركة الأيونات داخل فواصل غشائية .

*** زمن الاتصال للمهاد الخال**

Empty Bed Contact Time (EBCT)

فترة البقاء الهيدروليكي للمياه في وسط خال له حجم مكافيء لحجم وسط المعالجة، ومتضمناً حجم الفجوات بين حبيباته .

*** الطفو** **Flotation**

التصاق الفقاعات الهوائية بالجسيمات الصلبة الموجودة بالمياه فتقل كثافتها، وتصبح أقل كثافة من المياه، فتطفو على سطحها، ويسهل جمعها والتخلص منها .

*** تمييع ـ تسيل** **Fluidization**

إعادة ترتيب جسيمات وسط المرشح ـ بوساطة تيار الماء الصاعد ـ لتعطي أقل مقاومة للتحرك مؤدية بذلك إلى تمدد الوسط، وانفصال جزئياته بعضها عن بعض لتصبح معلقة بحرية داخل المياه .

*** حبيبات الفحم المنشط**

Granular Activated Carbon (GAC)

مادة من الفحم تستخدم كمرشح ومدمص معاً في معالجة مياه الشرب وذلك لإزالة الغازات، والمركبات العضوية، والجسيمات الدقيقة . وتعد إزالة الطعم والرائحة هما الاستخدام الأساس لتلك الحبيبات .

*** مياه مرتجعة** **Reject Water**

ناتج ثانوي عن عملية التناضح العكسي، وتحتوي على تراكيز عالية من الأملاح (أعلى من ٣٠,٠٠٠ ملجم/لتر) .

*** مجمع الأملاح الذائبة**

Total Dissolved Solids (TDS)

مجموع تركيز الأملاح الذائبة في المياه (ملجم/لتر) . وتفضل المياه التي تحتوي على تركيز من الأملاح أقل من ٦٥٠ ملجم/لتر .

*** مجموع تركيز الكربون العضوي**

Tolal Organic Carbon (TOC)

محتوى مياه الشرب من المواد العضوية الكلية .

*** مجموع تركيز الهالوجينات العضوية**

Total Organic Halogens

مقياس يستخدم للدلالة على وجود مواد عضوية مهلجنة في مياه الشرب، ووجود منتجات ثانوية مكلورة تكونت أثناء تطهير المياه بغاز أو مركبات الكلور .

*** العكارة** **Turbidity**

مستوى عكارة المياه الناتج عن وجود جسيمات دقيقة عالقة ـ مواد عضوية وبكتيريا وطين ـ وتقاس العكارة إما بوحدة جاكسون **(Jackson)**، ويتراوح الحد المسموح به بين ٠,٤ إلى ٤، وإما بالملجم مكافيء/لتر ثاني أكسيد السيليكون (SiO_2)، ويتراوح الحد المسموح به لمياه الشرب في هذه الحالة بين واحد إلى عشرة .

المصدر :

Water Quality and Treatment, American Water Works Association, 1990.

سلامة البعوض لسلامة الإنسان

تركز الجهود التي تبذل عادة لوقف إنتشار الأمراض التي ينقلها البعوض على قتل الحشرة نفسها، وعلى الرغم من تطوير الباحثين لطرق وتقنيات جديدة للحد من تكاثره، إلا أن الأمراض التي تحملها في إنتشار مستمر، ولذا فقد نهج بعض العلماء طريقة اخرى للحد منها تتمثل في جعل البعوضة خالية تماماً من الفيروس الذي يؤدي للإصابة بالمرض، وذلك عن طريق التحكم في مورثات الحشرات لتتمكن من مقاومة العدوى الفيروسية، ونقل هذا الأثر إلى الأجيال القادمة من البعوض.

وقد أخذ فريق من جامعة ولاية كولورادو في فورت كولينز زمام المبادرة لتحقيق هذا الهدف عن طريق إستخدام جزء من مادة الحامض النووي الريبوزي (Ribo Nucleic Acid - RNA) لمنع فيروس حمى الضنك "أبو الركب" (dengue virus) الذي تحمله بعوضة (Aedes aegypti) من التكاثر في لعابها، وبالتالي فإن البعوض المعالج بهذه الطريقة لن يستطيع نقل الفيروس المسبب للمرض.

ومن الجدير بالذكر أن هذا المرض يشكل تهديداً متزايداً لسكان المناطق الحارة من تكساس حتى آسيا لأنه يسبب أعراضاً تشبه أعراض الإنفلونزا في الإنسان، وقد يسبب نزيفاً يؤدي إلى وفاة الرضع والأطفال.

وقد قام **كينيث أولسون** (Kenneth E. Olson) وزملاؤه من جامعة ولاية كولورادو بربط جزء صغير من الحامض النووي لفيروس حمى الضنك بفيروس سندبيس (Sindbis)، وهو فيروس شائع له تأثير بسيط على البعوض، ثم عرَّضوا البعوض لكل من فيروس سندبيس المعالج وراثياً، وفيروس حمى الضنك العادي (غير المعالج وراثياً)، وقد تمكن الفيروس المعالج وراثياً من التكاثر في معظم أنسجة البعوض بما في ذلك الغدة اللعابية، بينما توقفت عملية التكاثر لفيروس حمى الضنك غير المعالج، ولم يعرف بعد كيف حدث هذا.

وبعد تحليل قام به الفريق للعاب البعوض لم يجدوا أي أثر لفيروس حمى الضنك، كما أنه لم تظهر أي علامات لإنتشار الفيروس بعد حقن لعاب البعوض المصاب إلى آخر سليم.

وتعد هذه أول محاولة ناجحة لإعطاء مناعة خلوية ضد جرثومة ممرضة للإنسان، وذلك بإدخال مورث غريب لكائن حي مثل حشرة البعوض، وكما أكد **أنتوني جيمس** (Anthony A. James) من جامعة كلفورنيا في تعليقه على تلك النتائج أن هذه الطريقة تكشف لنا عن بعض النجاح الذي تحقق بالنسبة للفيروسات المتكاثرة في البعوض.

وفي دراسة أجرتها **آن بورز** (Ann M. Powers) وأعضاء آخرين من فريق كولورادو تم إيقاف تكاثر فيروس لاكروس (LaCrosse virus) - يسبب إلتهاب الدماغ عند الأطفال - في بعوض أ. تراي سيراتوس (A. triseriatus)، بينما فشل فيروس سندبيس في إصابة الغدد اللعابية في بعوض أ. تراي سيراتوس، مما جعل البعوض لازال قادراً على نقل المرض.

يشير الباحث المشارك **باري بيتي** (Barry J. Beaty) في تعليق له إلى أن الأمل لا يزال يراود العلماء بإستخدام الحامض النووي لكل من فيروس حمى الضنك وفيروس اللاكروس الذي يعمل على إعاقة التكاثر الفيروسي لتحقيق الهدف الأكبر، وهو التأكد من أن البعوض يمكنه نقل مقاومة المرض لأجياله القادمة. ولا شك أن هذه - إذا تحققت - خطوة كبيرة.

تمكن الباحثون من إنتاج بعوض محول وراثياً (transgenic mosquitoes) بإستخدام مورثات معينة عن طريق إدخال الحامض النووي إلى بيض البعوض، إلا أن هذه المورثات لم تُغَيِّر من قدرة البعوض في نقل الأمراض، ولذلك فإنه يجري الآن إختبار تقنية جديدة تتمثل في إدخال "غرز" (Insert) الحامض النووي في الفيروسات التقهقرية (Retroviruses)، لإن محتويات الحامض النووي للفيروسات يمكن أن تندمج مباشرةً مع جينوم (Genome) البعوض.

المصدر:
Science News, Vol. 149, P. 295 May 11, 1996

بحوث علمية

نواتج معالجة مياه الشرب بالكلور في المملكة

تعد عملية تعقيم مياه الشرب عن طريق المعالجة بالكلور، من أكثر الطرق استعمالاً في المملكة العربية السعودية. وقد زاد اهتمام الأوساط العلمية في الآونة الأخيرة بهذه الطريقة، نظراً للآثار الصحية الخطيرة التي قد تنجم عن تكون المواد العضوية المتطايرة ـ خصوصاً مركبات الميثان الهالوجينية (Trihalomethane -THM) ـ في مياه الشرب نتيجة لاستخدام هذه الطريقة. وإلى وقت بدء هذه الدراسة، فلم تكن هناك أي معلومات عن وجود هذه المواد في مياه الشرب في المملكة. ومما زاد من أهمية هذه الدراسة أيضاً عدم توفر أية معلومات منشورة عن تكون هذه المواد في مياه الشرب التي تعتمد على خلط المياه الجوفية ومياه التحلية، كما هو الحال في كثير من مدن المملكة العربية السعودية.

ونظراً للأهمية الكبيرة لهذا الموضوع فقد دعمت **مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية** دراسة قام بتنفيذها **معهد البحوث بجامعة الملك فهد للبترول والمعادن**، وقد استغرق تنفيذ الدراسة مدة عامين.

وقد تم أثناء هذه الدراسة، تحديد أنواع وتركيزات مركبات الميثان الهالوجينية (THMs)، في حوالي ٢٢٠ موقعاً من شبكات مياه الشرب لثمان مدن بالمملكة، خلال فصل الصيف لعام ١٩٧٩م وفصل الشتاء لعام ١٩٩٠م. كذلك تم خلال تلك الفترة إجراء دراسة معملية لتحديد الجرعة الأمثل من الكلور والتي تعطي أقل تركيز من هذه المواد. وقد تم خلال هذه الدراسة أيضاً تطوير قاعدة للمعلومات باستخدام الحاسب الآلي. تحتوي كافة النتائج والمعلومات التي تم الحصول عليها مثل تركيزات مركبات الميثان الهالوجينية في كل موقع، وتركيز الكلور المتبقي في المياه، ودرجة الحرارة، والرقم الهيدروجيني إضافة إلى تركيز المركبات العضوية الكلية في المياه. كما احتوت قاعدة المعلومات على تفاصيل عن مصادر المياه، ومعدلات الاستهلاك، وطرق المعالجة المتبعة ونوعية الأنابيب المستخدمة في شبكات المياه للمدن المختلفة.

نتائج الدراسة

يمكن تلخيص نتائج الدراسة فيما يلي:

● **أنواع وتركيزات مركبات الميثان الهالوجينية:**

١ـ أظهرت نتائج المسح الميداني تواجد مركبات الميثان الهالوجينية في مواقع الدراسة، ولكن بتركيزات أقل بكثير من الحد الأعلى المسموح به (٢٥٠ جزء في البليون) والذي تم تحديده من قبل الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس.

٢ـ وجد أن متوسط تركيزات هذه المركبات خلال فصل الصيف لعام ١٩٨٩م كان على النحو الآتي: الدمام > جدة > مكة > المدينة > الرياض > أبها > حائل. بينما كان ترتيب هذه المدن بالنسبة لتواجد هذه المواد خلال فصل الشتاء لعام ١٩٩٠م على النحو الآتي: الدمام > الرياض > المدينة > مكة > جدة > حائل > أبها > بريدة.

٣ـ بينت الدراسة أن تركيزات مركبات الميثان الهالوجينية في مياه الشرب في مدن المملكة كانت على الترتيب الآتي: البروموفورم > ثنائي بروميد أحادي كلوريد الميثان > أحادي بروميد ثنائي كلوريد الميثان > كلوروفورم. وهذا التتابع هو عكس التتابع الموجود في مياه الشرب لمعظم مدن العالم.

٤ـ أظهرت الدراسة وجود علاقة بين التركيز الكلي لمركبات الميثان الهالوجينية في كل من الدمام والرياض وبريدة.

٥ـ هناك علاقة طردية بين الزيادة في درجة حرارة المياه في فصل الصيف وتركيز مركبات الميثان الهالوجينية في كل من الرياض والمدينة وجدة ومكة. بينما لم تكن هذه العلاقة واضحة في كل من أبها وحائل وبريدة. أما في مدينة الدمام فقد وجد أن متوسط تركيز هذه المواد في فصل الشتاء كان أعلى منه في فصل الصيف. وقد عزي ذلك إلى الزيادة النسبية لتركيز الكلور في مياه الشرب خلال فصل الشتاء مقارنة بفصل الصيف.

٦ـ كانت تركيزات المركبات العضوية الكلية في مياه الشرب منخفضة جداً لدرجة أنها لم تسمح بعمل علاقات بينها وبين تركيزات مركبات الميثان الهالوجينية.

٧ـ وُجد أن تركيز الكلور في مياه الشرب في كثير من المناطق في مدن المملكة المختلفة أعلى من التركيز المقترح من قبل الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس وهو ٠,٥ جزء في المليون.

٨ـ اتضح أن تركيزات مركبات الميثان الهالوجينية كانت أعلى في المدن التي تعتمد على خليط من مياه التحلية والمياه الجوفية، مقارنة بتلك التي تستعمل المياه الجوفية أو مياه التحلية بدون خلط.

● **نتائج الدراسة المعملية**

أظهرت نتائج الدارسة المعملية ما يلي:

ـ كان تركيز مركبات الميثان الهالوجينية الأقل في مياه التحلية النقية بينما كان تركيزها الأعلى في خليط المياه الذي يحتوي على ٧٥٪ من مياه التحلية و ٢٥٪ من المياه الجوفية.

ـ تزداد تركيزات مركبات الميثان الهالوجينية في المياه بزيادة درجة الحرارة، وزمن التفاعل وتركيز الكلور.

ـ كان مركب البروموفورم هو الأعلى تركيزاً «والأكثر انتشاراً» من بين مركبات الميثان الهالوجينية التي تم قياسها تحت ظروف التجارب المخبرية المختلفة.

ـ بلغ التركيز الأمثل للكلور ٠,٥ جزء في المليون، حيث كان تركيز مركبات الميثان الهالوجينية أقل ما يمكن، فضلاً عن أنه يتفق مع مواصفات الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس.

التوصيات

* بناءاً على نتائج هذه الدراسة، يُقترح التنسيق مع الهيئة العامة للمواصفات والمقاييس في المملكة لمراجعة مواصفات مياه الشرب المتعلقة بمركبات الميثان الهالوجينية على أن تتضمن هذه المراجعة الحد الأقصى المسموح به لهذه المركبات، وأن يؤخذ بعين الاعتبار تواجد البروموفورم بتركيزات عالية في مياه الشرب في المملكة مقارنة بمركب الكلوروفورم والذي أكد عليه في المواصفات السعودية.

* يقترح إجراء قياسات دورية كل ثلاثة أشهر للتأكد من أن تركيزات مركبات الميثان الهالوجينية في شبكات مياه الشرب للمدن المختلفة لا تزال تحت المستوى المسموح به.

* يجب أن تراعي مصالح المياه في المناطق المختلفة عدم زيادة تركيز الكلور المتبقي في شبكات المياه عن الحد المسموح به وهو ٠,٥ جزء في المليون، وذلك لتفادي الآثار الجانبية المترتبة على تلك الزيادة.

* يجب القيام ببحوث أخرى مشابهة لدراسة المركبات العضوية الهالوجينية غير المتاطيرة، والتي تتكون في مياه الشرب نتيجة المعالجة بالكلور، والتي لم تتطرق إليها الدراسة.

نوع آخر من فيتامين ـ هـ

عند الإشارة إلى مضادات الأكسدة (Anti Oxidants) يأتي ذكر المركب الصناعي ألفا ـ توكوفيرول (Alpha - Toco Pherol) كمادة مرادفة لفيتامين ـ هـ . وفضلاً عن ذلك أشارت تحاليل المواد الطبيعية الغنية بفيتامين ـ هـ إلى وجود أنواع عديدة من أشكال مادة التوكوفيرول غير الشكل ألفا من أهمها شكل جاما ـ توكوفيرول (Gamma - Tocopherol).

وفي الوقت الحالي أشار **ستيفان كريستن** (Stephan Christen) وزملاؤه بجامعة كليفورنيا بيركلي إلى أن جاما ـ توكو فيرول يكسب الجسم حماية ضد جذور أكاسيد النيتروجين (Nlirogen Oxides) التي لا يستطيع الشكل ألفاتوكو فيرول ـ مصدر فيتامين ـ هـ الموجود حالياً في السوق ـ مقاومتها .

تأتي أكاسيد النيتروجين من الأمطار الحمضية والأسمدة النيتروجينية ، وهي من المواد المسببة للأكسدة والتي ينجم عنها تحوير الحامض النووي منقوص الأكسجين (DNA) في الجسم وتتسبب في تسرطنه وتعرضه للالتهابات .

قام **كريستن** وزملاؤه بإختبار كفاءة أنواع مختلفة من فيتامين ـ هـ كمضادات أكسدة للقضاء على مركب بيروكسي نيترايت (Peroxy nitrite) أحد أكاسيد النيتروجين المعروف بعلاقته بالتهابات الجسم . وقد اتضح للعلماء المذكورين أن ألفا ـ توكو فيرول رغم تحويره للأكسيد المذكور إلا أنه يخلف وراءه جزء نشط لايمكن القضاء عليه إلا بواسطة جاما ـ توكو فيرول الذي له خاصية التفاعل مع وتثبيط أكاسيد النيتروجين .

وفي دراسة أخرى ـ لم تنشر بعد ـ قام فريق كريستين بدراسة أثر التوكو فيرول على حيوانات تجارب مريضة بالتهابات سببتها جذور التأكسد المعروفة ، وعند متابعة تركيز التوكو فيرول في دم تلك الحيوانات اتضح الانخفاض الشديد والسريع للتوكو فيرول من نوع جاما مصحوباً بازدياد في المواد النيتروجينية مما يشير إلى تثبيط جاما ـ توكو فيرول للأكاسيد النيتروجينية .

ويزعم **كريستين** إلى احتمال اضمحلال أثر جاما توكو فيرول عند استهلاك كميات كبيرة من النوع المألوف ـ ألفا توكو فيرول ـ ويقترح ضرورة أخذ كلا النوعين من الفيرولات (ألفا وجاما) .

من جانب آخر أشارت دراسة قام بها **أنديرز أولسون** (Anders G. Olsson) بمستشفى الجامعة بلنكوبنج في السويد إلى انخفاض معنوي في تركيز جاما توكو فيرول في دم الرجال الليثوانين (Lithuanians) بالسويد وعلاقة ذلك الانخفاض بمعدل ارتفاع مرضى أمراض القلب لديهم حيث يصل إلى أربعة أضعاف السويديين من نفس العمر.

وتشير دراسة أخرى إلى أن أمراض القلب ليست الأمراض الوحيدة التي لها علاقة بانخفاض تركيز جاما توكو فيرول حيث اتضح حسب دراسة قام بها **روبرت كوني** (Robert V. Cooney) في مركز أبحاث السرطان بهاواي إلى الأثر الفعال لجاما ـ توكو فيرول في منع نمو الخلايا السرطانية مقارنة بألفا ـ توكو فيرول ، وعلى ضوء هذه التجارب يتضح أن جاما توكو فيرول له نفس أهمية ألفا توكو فيرول في مقاومة أمراض الانحلال النسيجي . ويذكر **كوني** أنه بالرغم من مرور ٧٥ عاماً على اكتشاف فيتامين ـ هـ إلا أن تفاعلاته وأنواعه المختلفة لازالت غير معروفة ، وعليه يبدو أن تعاطيه من مصادره الطبيعية ـ وليس الصنعية ـ هي الطريقة الأفضل لتفادي مختلف أمراض الانحلال النسيجي .

المصدر

Science News, Vol. 151 April 1997, P207 .

المحيط الهادي يبطىء تسخين الأرض

أشارت دراسة حديثة إلى أن برودة الجزء الاستوائي للمحيط الهادي خلال القرن الماضي أدت إلى إبطاء معدل تسخين الارض ، وتفسر هذه الظاهرة سبب عدم تسخين الأرض بالسرعة المتوقعة التي تم حسابها ـ عن طريق محاكاة طقس الأرض ـ بالحاسبات الآلية ، والتي أوضحت أن معدل الزيادة في تسخين الأرض يجب أن يكون ضعف المعدل الموجود حالياً ، ولمعرفة هذه الظاهرة قام مارك كين (Mark A. Cane) وزملاؤه من مرصد الأرض في لامونت ـ دوهرتي بنيويورك بتسخين المحيط الاستوائي إصطناعياً باستخدام النمذجة الحاسوبية (Computer modeling) ، حيث وجدوا أن الرياح وتيارات المحيط الناتجة عن التسخين المذكور قد عملت على تبريد شرق المحيط الهادي.

وفضلاً عن ذلك فإنه حتى في الحالات الطبيعية يميل شرق المحيط الهادي الإستوائي إلى البرودة مقارنة بالجزء الغربي ، بسبب أن الرياح التجارية تعمل على دفع المياه السطحية الدافئة باتجاه أندونيسيا ، مما يدفع المياه العميقة الباردة إلى السطح بالقرب من خط الإستواء .

وتشير دراسة كين إلى أن التسخين الناتج عن النشاط البشري من شأنه تسريع الدورة الطبيعية المذكورة بتقويته لشدة إندفاع الرياح التجارية ، وبالتالي زيادة كمية المياه الباردة المحيطية المندفعة إلى السطح في الجزء الشرقي من المحيط الهادي .

وللتدليل على صحة نظرية **كين** يشير العلماء إلى سجلات درجة حرارة سطح المحيط خلال القرن الماضي التي أبانت عن انخفاض درجة الحرارة في شرق المحيط الهادي في المنطقة الاستوائية بينما زادت درجة حرارة كوكب الأرض بمعدل ٠,٤ ْم .

وبالرغم من أن هذه الظاهرة قد تبطيء تسخين الأرض الا أن لها مشاكل تتمثل في أن تبريد المحيط الهادي يؤثر على طقس الكرة الأرضية عاكساً آثاره على النشاطات الاجتماعية والإقتصادية .

المصدر :

Science News, Vol. 151, March 1997, P 148.

فوائد نكهة القهوة

لنكهة القهوة المخمرة فوائد صحية تعادل فوائد الفواكه والخضروات . وقد توصل العلماء منذ وقت طويل إلى أن حبوب القهوة تحتوي على مضادات الأكسدة التي تساعد على مقاومة السرطان وأمراض القلب ، إلا أن الجديد في الأمر وجود مضادات أكسدة لم تكن معلومة من قبل في نكهة القهوة العادية أو منزوعة الكافيين .

وتركز معظم الدراسات على أنواع ثلاثة من مضادات الأكسدة هي : الفينوليك (Phenolics) والفيتامينات (Vitamines) والفلافينودات (Flavonoids) ، غير أن فريق جامعة كاليفورنيا بديفس يبحثون عن مستقبل مضادات أكسدة أخرى ، مثل المركبات الحلقية غير المتجانسة (Heterocyclic) التي تتكون عند طبخ بعض الأطعمة . وقد اتضح لفريق ديفس وجود حوالي ٣٠٠ من المركبات الحلقية غير المتجانسة في نكهة القهوة ولكن أثرها كمضادات أكسدة قليل ، إلا إذا تم جمعها مثلما يحدث عند تخمير القهوة ، حيث أن أثرها يفوق مضادات الأكسدة الأخرى مثل فيتامين ـ هـ أو ج. ، وقد أوضحت الدراسة أن كمية مضادات الأكسدة في نكهة كوب من القهوة تعادل مضادات الأكسدة في ثلاث برتقالات .

مما يجدر ذكره أن مضادات الأكسدة المذكورة لا توجد في حبوب القهوة ولكنها تنتج أثناء عملية التخمير ، حيث أن الطبخ في درجة الحرارة المرتفعة يزيد من هذه المضادات ، فكلما زادت المركبات المتطايرة في الجو بفعل الطبخ زادت نكهة البن المخمر حديثاً، وعند استنشاق هذه المواد فإنها تدخل الجسم كمواد مضادة للأكسدة . وفي خطوة أخرى يعمل فريق ديفس لمعرفة أثر نكهة القهوة على الحيوانات .

المصدر :

Emerging R&D Report Food Technolog Intelligence, Nov 1997 V.8 No. 8 .

مع القراء

الأخوة القراء الكرام

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته وبعد :-

أهلاً بكم مع هذا العدد الجديد من مجلتكم مجلة العلوم والتقنية ، ويسعدنا أن نجيب على رسائلكم بحدود ما تسمح به مساحة الصفحة .

● **الأخ / عبدالسلام الزايد ـ الرياض**

وصلتنا رسالتك بكل سرور شاكرين على ما حوته من إطراء وثناء ، ويسعدنا أن ندرج إسمك في قائمة التوزيع ، وسوف تصلك الأعداد المتوفرة من الأعداد السابقة .

● **الأخ / شاكر المالكي ـ الظهران**

سوف تصلك المجلة على عنوانك الجديد بإذن الله فأهلاً بك .

● **الأخ / عبدالمعين الزعبي ـ سوريا**

يسعدنا أن ندرج اسمك في قائمة الإهداءات .

● **الأخ / عبدالرحيم ماضي الشريف ـ الطائف**

يسعدنا وصول رسالتك إلينا ، أما فيما يخص طلبك فنأسف لعدم تمكننا من إرسال جميع الأعداد السابقة لنفاذ بعضها وسيصلك بإذن الله المتوفر منها .

● **الأخ / علي حسن الأحمدي ـ المدينة المنورة**

رسالتك وصلت إلينا ، أما فيما يخص طلبك للعدد التاسع (الكيمياء الحيوية) فللأسف غير متوفر لدينا شاكرين تواصلك معنا .

● **الأخ / عادل عبدالله العودة ـ الجوف**

رسالتك السابقة لم تصل إلينا ، ويسعدنا تلقي أول رسالة منك ، ويسرنا أن ندرج اسمك ضمن قائمة توزيع المجلة .

● **الأخ / سعد عبدالله آل شيخ ـ الرياض**

يسعدنا تلقي مشاركتك بمقالات علمية شريطة أن يتوافق المقال مع موضوع العدد من المجلة .

كما يسرنا تزويدك بنسخة من المجلة بصفة دورية .

● **الأخ / شليح محمد ـ الجزائر**

سوف تصلك المجلة على عنوانك بصفة دورية ، ويسرنا تلبية طلبك من العدد السابع والثلاثين (المناعة) .

● **الأخ / أحمد حمدي هتهات ـ الجزائر**

يسرنا أن تصلك المجلة على عنوانك الجديد ، فأهلاً بك .

● **الأخوة / تومرات مراد ـ شيلي بن علي ـ لخداري حمودي ـ بوسالم علي ـ أسامة عال ـ كزيز جعفر ـ الجزائر**

وصلتنا رسائلكم بكل سرور ، ويسرنا إدراج عناوينكم ضمن قائمة توزيع المجلة .

● **الأخ / محمد سعيد العلياني ـ مكة المكرمة**

سوف تصلك بإذن الله الأعداد الأربعة المطلوبة على عنوانك ويامرحبا .

● **الأخ / عماد وجيه المنسي ـ مصر**

سوف نقوم بتغيير عنوانك على العنوان الجديد ، ويسعدنا أن يصلك العدد الخاص بالإستشعار عن بعد كما طلبت .

● **الأخ / عمر أبراهيم البليهي ـ الدمام**

تلقينا رسالتك وسوف يصلك المتوفر من الأعداد السابقة ، فاهلاً بك .

● **الأخت / خديجة مرزوق الصاعدي ـ المدينة المنورة**

وصلتنا رسالتك شاكرين ما حوته من إعجاب وثناء على المجلة والقائمين عليها ويسعدنا إدراج اسمك في قائمة التوزيع .

● **الأخ / عبد الرحمن شعبان ظاهر ـ الأردن**

يؤسفنا عدم تلبية طلبك من الأعداد السابقة المشار إليها في رسالتك لعدم توفرها لدينا ، أما فيما يخص المجلة فهي ليست شهرية بل فصلية . بواقع أربعة أعداد في السنة . وسوف نقوم بإرسال المجلة على عنوانك فأهلاً بك .

● **الأخت / لطيفة أحمد الغامدي ـ الباحة**

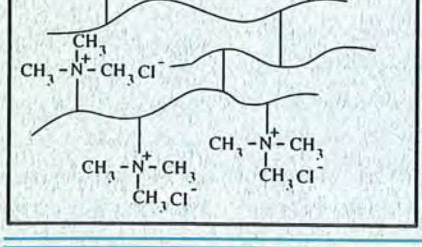
شكراً على إعجابك بالمجلة ويسعدنا أن ندرج اسمك في قائمة التوزيع . أما فيما يخص موضوع (الاستنساخ) فقد تطرقت له المجلة في العدد الأربعين (الصناعات غير العضوية) الصفحات ٣٤ ، ٣٥ .

● **الأخ / محمد يوسف أيوب ـ النماص**

تلقينا رسالتك وما حوته من مقالة (التلوث البيئي أضراره وطرق معالجته) وبقدر سرورنا بمشاركتك أنت وجميع القراء الأعزاء إلا أنه يؤسفنا عدم تمكننا من نشرها لعدم توافقها مع موضوع العدد من المجلة . آملين أن نستقبل مشاركتك حسب موضوع العدد المقبل مع التقيد بمنهاج النشر .

تنويه

ورد خطأ فني في مقال التبادل الأيوني ص٢٢ من العدد الثالث والأربعين وذلك في شكل «المبادل الأيوني السالب قوي القاعدية في صورة (Cl) » . وأسرة المجلة إذ تعتذر عن هذا الخطأ يسرها إعادة نشر الشكل الصحيح وذلك كما يلي :

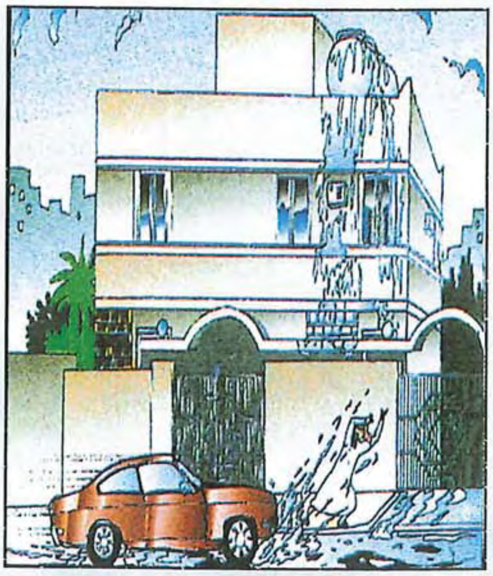


الماء

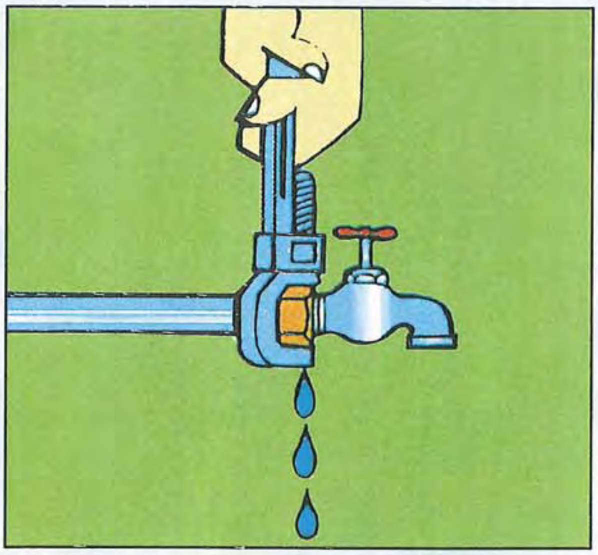
نعمة من نعم الله

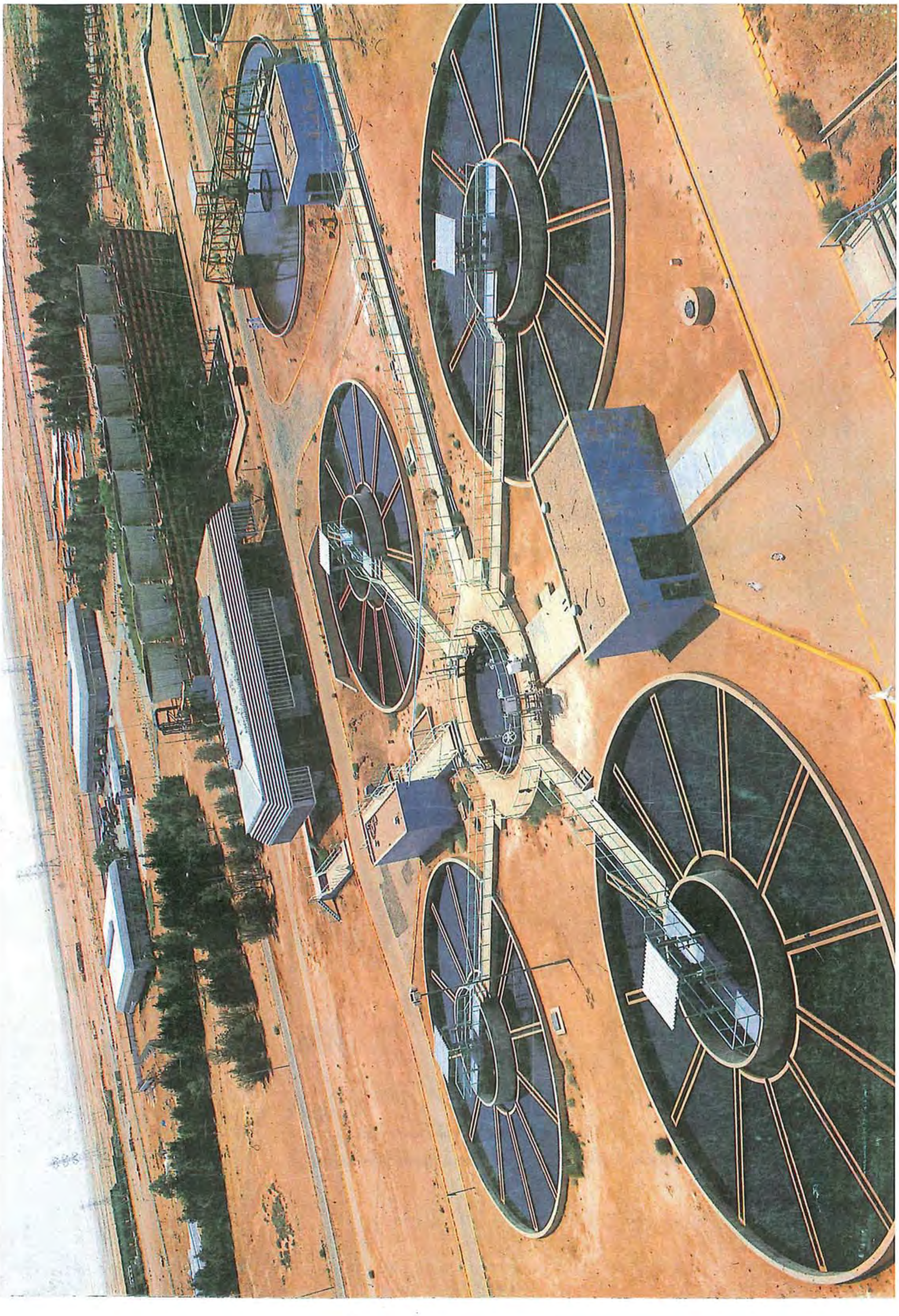
فلا تسرف في

استخدامه



الإســراف ســبب كل جــفــاف



الماء حــيــاتك .. راقــب توصــيــلاتك

ترشــيــد الاســتــهــلاك ... سلوك حــضــارى